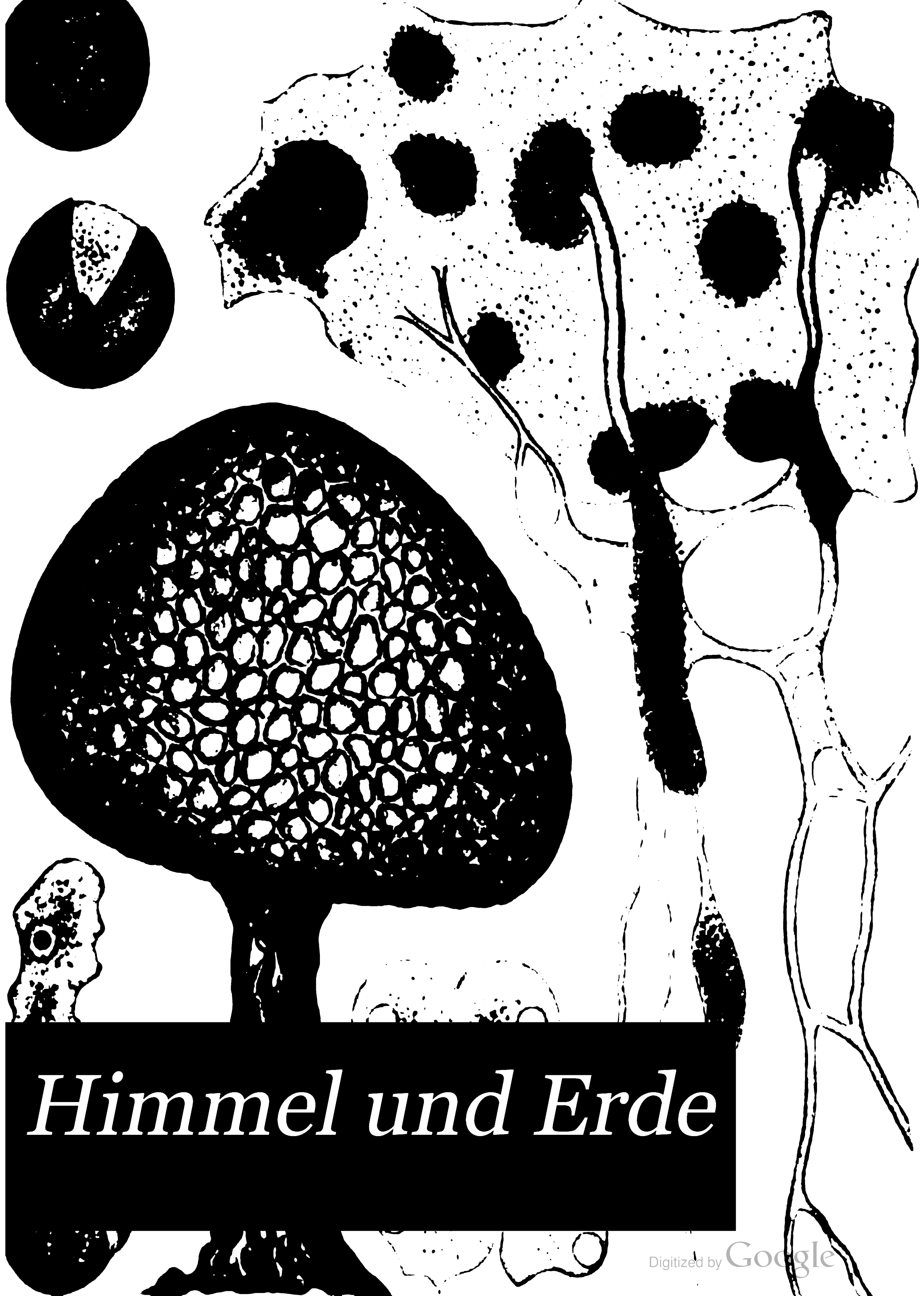
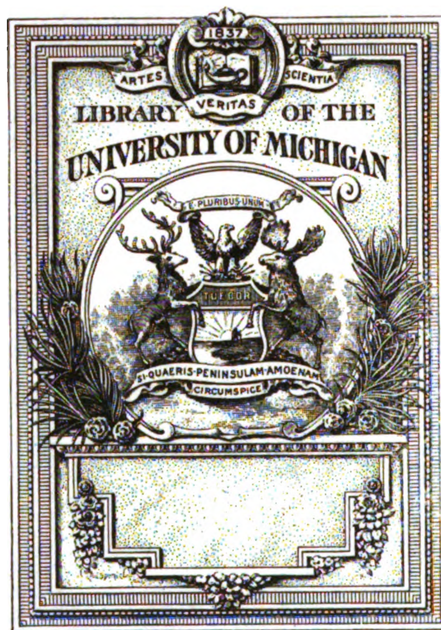

Himmel und Erde


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

Himmel und Erde.

Illustrierte naturwissenschaftliche Monatsschrift.



Himmel und Erde.

Illustrierte naturwissenschaftliche Monatsschrift.



Herausgegeben

von der

GESELLSCHAFT URANIA ZU BERLIN.

Redakteur: Dr. P. Schwahn.

X. Jahrgang.



BERLIN.
Verlag von Hermann Paetel.
1898.

Verzeichnis der Mitarbeiter

am X. Bande der illustrierten naturwissenschaftlichen Monatsschrift „Himmel und Erde“.



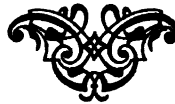
Inhalt des zehnten Bandes.

Essais.

Mitteilungen.

Bibliographisches.

Den mit einem * versehenen Artikeln sind erläuternde Abbildungen beigegeben.



Namen- und Sachregister
zum zehnten Bande.

Notiz für den Buchbinder.

Nachstehend angegebene Illustrationen sind beim Binden an den bezeichneten Stellen einzukleben, während die nicht angegebenen an den Stellen bleiben, an denen sie sich im Hefte befinden.

Heft 1. **Tagesbau des Senftenberger Braunkohlenflötzes mit aufrechtstehenden Taxodiumstümpfen.** Zwischen Seite 46 und 47.

Heft 2. **Photographische Aufnahme des Kometen Rordame — Quénisset.** Zwischen Seite 88 und 89.

Heft 5. **Nordwestküste von Bornholm mit der Ruine Hammershus. — Christiansöe mit dem Festungsturm.** Zwischen Seite 224 und 225.

Heft 6. **Säulengänge im Sandstein des Rio Grande. — Sandsteinfelsen im Perry-Park.** Zwischen Seite 266 und 267.

Heft 7. **Ausgang eines Wüstenthales bei Petra. — Ausgewitterte Kalkbänke aus der Chefrenpyramide.** Zwischen Seite 300 und 301.

Heft 9. **Baustelle in der Andrássystrasse. — Ansicht des Tunnelportals.** Zwischen Seite 410 und 411.

Heft 10. **Strasse zum Vesuvgipfel und Observatorium.** Zwischen Seite 462 und 463.



Tagesbau des Senftenberger Braunkohlenflötzes mit aufrechtstehenden Taxodiumstümpfen.



Die Bewegung im Pflanzenreiche.

Vortrag, gehalten in der Urania zu Berlin am 3. Februar 1897

von Prof. Dr. L. Kny.

Die Organismen, welche unsere Erde bevölkern, werden gemeinhin in zwei Reiche verteilt, in das Reich der Tiere und in das der Pflanzen.

Die Tiere charakterisiert man damit, dafs sie ihre Nahrung nicht nur in tropfbar-flüssiger, sondern auch in fester Form aufnehmen. Sie sind mit einer Mundöffnung versehen, welche auf einen Verdauungskanal zuführt. Was von der festen Nahrung brauchbar ist, wird nach erfolgter Lösung der Körpersubstanz einverleibt, das Unbrauchbare wird ausgeschieden. Die festen Nährstoffe müssen in den meisten Fällen aufgesucht werden. Zu diesem Zwecke sind die Tiere mit Empfindung und Ortsbewegung ausgestattet. Empfindung und Ortsbewegung setzen aber einen Mittelpunkt voraus, an welchem die Eindrücke der Sinnesorgane zum Bewufstsein kommen, und von wo aus der Anstofs zu zweckmäfsigen Bewegungen gegeben wird. Die Einheitlichkeit des Empfindungslebens hat zur Folge, dafs die Individualität im Tierreiche gewöhnlich sehr scharf ausgesprochen ist.

Die Pflanzen nehmen ihre Nährstoffe fast ausnahmslos nicht in fester, sondern nur in tropfbar-flüssiger und gasförmiger Gestalt auf. Die Fähigkeit, dieselben durch Ortswechsel auf weite Entfernungen aufzusuchen, geht ihnen im allgemeinen ab. Um den Erfordernissen der Nahrungsaufnahme zu genügen, zeigen sie das Bestreben, ihre Oberfläche so viel als möglich zu vergröfsern. Die Wurzeln teilen sich im Boden in zahlreiche gröfsere und kleinere Verästelungen, und die letzten Auszweigungen bedecken sich meist noch mit feinen

Wurzelhärchen. Auch der oberirdische Teil der meisten Pflanzen löst sich in Äste und Zweige auf, und diese tragen die Blätter, in deren abgeflachter Gestalt sich das Bedürfnis ausspricht, der Atmosphäre eine möglichst grofse Fläche zuzukehren. Die Pflanze ist mehr äufserlich gegliedert, dafür aber weniger innerlich differenziert als das Tier. Die Individualität ist im allgemeinen nicht scharf bei ihr ausgesprochen; ihr Körper läfst sich gewöhnlich leicht durch Teilung vermehren.

Nach dem eben Gesagten könnte es scheinen, als ob die Bewegung und besonders die Ortsbewegung ein durchgreifender Unterschied zwischen Tier und Pflanze sei, und es dürfte dies auch den hergebrachten Vorstellungen im allgemeinen entsprechen. Doch führt eine genauere Kenntnis der beiden organischen Naturreiche zu der Überzeugung, dafs es eine scharfe Grenze zwischen ihnen überhaupt nicht giebt, — dafs die Verkettung von Bewegungen, die wir als Leben bezeichnen, auf den höheren Stufen des Pflanzen- und Tierreiches sich zwar in verschiedenen Formen darstellt, dafs die Grundlagen ihres Zustandekommens, die Bedingungen, an welche sie geknüpft sind, in beiden Reichen aber im wesentlichen dieselben sind.

Um Ihnen die Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche verständlicher machen zu können, mufs ich mit einigen Worten auf den inneren Bau der Pflanzen eingehen.

Bringt man einen genügend dünnen Schnitt durch einen lebenden Pflanzenteil unter das Mikroskop, so erkennt man meist sofort, dafs sich derselbe aus einer grofsen Zahl kleiner Bausteine zusammensetzt, die man Zellen nennt.

Jede Zelle ist ein Organismus für sich, der sein eigenes Leben führt; gleichzeitig hat sie aber auch mit den anderen Zellen desselben Pflanzenstockes für die gemeinsamen Lebensaufgaben zusammenzuwirken. Man hat deshalb die Pflanze passend einen Zellenstaat genannt.

Die im Gewebeverbande einer höheren Pflanze befindlichen Zellen sind nach aufsen hin allseitig von einer Haut umschlossen, welche sie gegen die Nachbarzellen scharf abgrenzt. Sie führt den Namen der Zellmembran (Fig. 1, m). In der Jugend besteht sie der Hauptsache nach aus einer organischen Verbindung, dem Zellstoff, auch Cellulose genannt; später kann sie aber mancherlei chemische Veränderungen erfahren. Die Membran besitzt ursprünglich stets die Fähigkeit, zahlreiche Stoffe in wässriger Lösung durch

ihre Substanz hindurchtreten zu lassen; sie gestattet also einen ausgiebigen Stoffaustausch zwischen benachbarten Zellen. Ihre Hauptbedeutung besteht darin, dafs sie die von ihr umschlossenen weichen und flüssigen Teile der Zelle schützt. Sie bildet für die gesamte

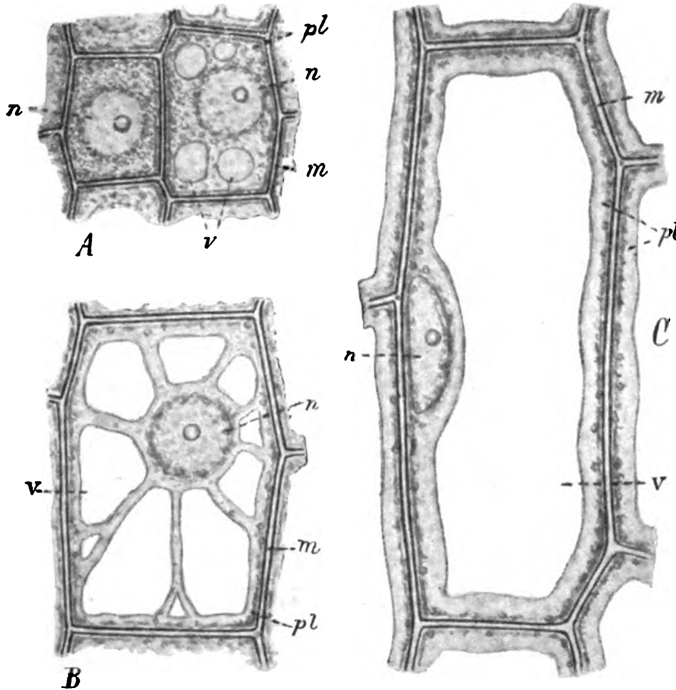


Fig. 1. Normale Pflanzenzellen in fortschreitender Entwicklung, ein wenig schematisiert. A zeigt links eine Zelle mit zentralem Kerne, noch ohne Vacuolen. In der Zelle rechts haben sich bereits Vacuolen ausgeschieden. In der Zelle B haben sich dieselben vergröfsert. Das Protoplasma zwischen ihnen ist zu Platten und Strängen reduziert. Bei C sind letztere verschwunden. Das Protoplasma bildet einen Wandbeleg, welchem der linsenförmig abgeplattete Zellkern eingelagert ist. m bedeutet überall: Membran, pl: Protoplasma, n: Zellkern, v: Vacuole. (Originalzeichnung des Verf.)

Pflanze ein zusammenhängendes Gerüstwerk, welches die einzelnen Teile tragfähig und gegen mechanische Einflüsse widerstandsfähig macht.

An die Membran schliefst sich in den lebenden Zellen eine schleimig-zähflüssige Substanz, die, ihrer grofsen Bedeutung für das Leben der Zelle wegen, den Namen Protoplasma oder Plasma, zu deutsch „Bildungssubstanz“, erhalten hat (Fig. 1, pl). Sie schmiegt

sich der Membran überall auf das engste an. Den Innenraum der Zelle kann sie entweder vollkommen ausfüllen (Fig. 1 A, im linken Teile der Figur), oder es treten, wie dies gewöhnlich der Fall ist, gröfsere oder kleinere, mit wässriger Flüssigkeit gefüllte Hohlräume, sogen. Vacuolen, in ihr auf, welche ebenso wie in künstlichen Schäumen durch dickere oder dünnere Platten von einander getrennt sind (Fig. 1, A, im rechten Teile der Figur und Fig. 1, B, bei v). Diese Protoplasmaplatten können im weiteren Verlaufe der Entwicklung durchbrochen werden. Es bleiben dann noch Plasmastränge übrig, welche den Innenraum der Zelle durchsetzen. Gewöhnlich zerreifsen auch diese und werden in den geschlossenen Plasmawandbeleg eingezogen. Dieser Zustand, wie Fig. 1, C ihn darstellt, ist der gewöhnliche in erwachsenen, lebenskräftigen Pflanzenzellen. Die Membran ist hier an der Innenseite mit einem dünnen Plasmaschlauche austapeziert, welcher einen grofsen Saftraum umschliefst.

Innerhalb des Protoplasma tritt ein bläschenförmiges Gebilde von rundlichen Umrissen meist deutlich hervor. Es ist dies der Zellkern oder Nucleus (Fig. 1, bei n). Die meisten Zellen enthalten nur einen Kern; selten sind ihrer mehrere oder gar viele vorhanden. Der Kern hat eine komplizierte Struktur, auf welche hier nicht näher eingegangen werden kann. Stofflich steht er dem Protoplasma nahe. Beide sind aus verschiedenen, meist noch ungenügend gekannten Substanzen zusammengesetzt, unter denen man die Eiweifsverbindungen und das Nucleïn für die wichtigsten hält. Die Eiweifsstoffe gelten sowohl im Pflanzen- wie im Tierreiche für die Hauptträger des Lebens.

Der kernhaltige Protoplasmakörper ist der lebendige Zellleib; von ihm geht der Anstofs zu den wichtigsten stofflichen Veränderungen aus. In ihm wachsen und vermehren sich die grünen Chlorophyllkörper; in ihm entsteht die Stärke und viele nicht minder wichtige Inhaltsbestandteile. Von ihm aus erfolgt die Anregung für die Wachstumsvorgänge der Zelle. Eine Membran ohne Protoplasma ist keine lebendige Zelle mehr, sondern nur noch ein totes Zellgerüst.

Was den Zellkern betrifft, so sieht man in demselben den beherrschenden Mittelpunkt für das Leben des Protoplasma. Aufserdem vermutet man in ihm den Träger der Erblichkeit.

Alles vom Protoplasma und Zellkern Gesagte gilt im Tierreiche ebenso wie im Pflanzenreiche.

Die im Protoplasma vor sich gehenden Stoffwechselprozesse

müssen notwendig aufser den molekularen auch Massenbewegungen zur Folge haben; denn die Substanzen, welche an einer bestimmten Stelle der Zelle entstehen, werden meist nicht dort, sondern in geringerer oder gröfserer Entfernung verbraucht, und für das verbrauchte

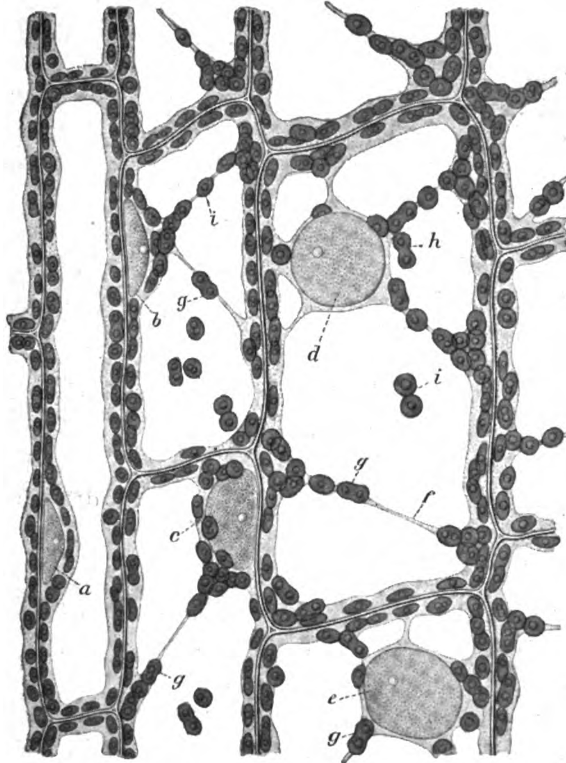


Fig. 2. Einige Zellen der Oberseite eines Blattes der „Wasserpest" (Elodea canadensis). Die lange, schmale Zelle zur Linken befindet sich über dem Mittelnerven, die rechts davon liegenden gehören der Blattspreite an. In letzteren entspringen vom Wandbelege des Protoplasma Stränge, welche den Innenraum der Zelle schief durchsetzen und Chlorophyllkörner forttragen. (Aus des Verf. Botan. Wandtafeln.) 592 mal vergr.

Material mufs von aufsen her Ersatz geschafft werden. Massenbewegungen lassen sich da, wo man sie sucht, fast überall nachweisen; nur bedarf es, da sie meist sehr langsam stattfinden, einiger Ausdauer, um sich von ihrem Stattfinden zu überzeugen. In einigen Fällen sind die Bewegungen aber so lebhaft, dafs schon ein Blick durch das Mikroskop genügt, um sie zu erkennen.

Besonders geeignet hierfür ist unter den Ihnen bekannten Gewächsen eine aus Nord-Amerika zu uns eingeschleppte Wasserpflanze, die Elodea canadensis. Dieselbe hat dadurch Berühmtheit erlangt, dafs sie durch ihre rapide Vermehrung viele unserer Wasserläufe zu verstopfen drohte und ist infolge dessen durch den deutschen Namen „Wasserpest" gebrandmarkt worden. In den Gewässern des Tiergartens gedeiht sie an einzelnen Stellen vortrefflich.

Ihre Blätter sind einfacher gebaut, als dies sonst bei Blütenpflanzen der Fall ist. Zu beiden Seiten des Mittelnerven, welcher ein dünnes, mehrschichtiges Leitbündel enthält, ist die Spreite nur aus zwei Zellschichten zusammengesetzt.

Hat man ein Blatt vorsichtig vom Stengel abgetrennt und mit seiner Oberseite nach oben gekehrt in einem Wassertropfen unter das Mikroskop gebracht, so dauert es unter günstigen Umständen nur wenige Minuten, bis die Bewegung im Protoplasma beginnt. Zunächst fällt sie in den langen und schmalen Zellen ins Auge, welche den Mittelnerv bedecken (Fig. 2, in der Zelle links). Wie aus der Lagenveränderung der grünen Chlorophyllkörner, welche passiv fortgeführt werden, ersichtlich, steigt der Strom auf der einen Langseite der Zelle aufwärts, biegt am oberen Ende um, geht an der anderen Langseite abwärts und kehrt unten in die ursprüngliche Bewegungsrichtung zurück. Nicht nur die Chlorophyllkörner, sondern auch der Zellkern wird vom Strome fortgeschleppt.

Da die Strömungsbahn, der Bewegung eines Rades gleich, derart in sich geschlossen ist, dafs jeder Teil des Stromes nach kurzer Zeit zur früheren Stelle zurückkehrt, hat man diese Form der Protoplasmaströmung als Rotation bezeichnet.

Geht man von den langen und schmalen Zellen, welche das Leitbündel bedecken, zu den kürzeren und breiteren über, welche die seitlichen Partien der Spreite zusammensetzen (Fig. 2, rechts), so findet man in diesen anfangs eine viel weniger lebhafte Rotationsströmung. Dafür sieht man aber dünne Protoplasmastränge, welche Chlorophyllkörner langsam forttragen, in querer oder schiefer Richtung den Innenraum durchsetzen. Sind diese auf der gegenüberliegenden Seite der Zelle angelangt, so werden sie nun vom Hauptstrom fortgeführt.

Die eben erwähnte Abweichung von der Rotation bildet den Übergang zu einer komplizierteren Form der Protoplasmabewegung, welche man Circulation genannt hat. Zur Sommerzeit ist dieselbe in schönster Weise an halberwachsenen Brennhaaren unserer einheimischen Nesselarten (Urtica dioica und Urtica urens) zu beobachten.

Die Brennhaare treten so weit über die Oberfläche des jungen Nessellaubes hervor, dafs sie dem blofsen Auge als sehr feine Nadeln erscheinen. An der Spitze endigen sie in einem kleinen, seitlich umgebogenen Knopf, der sich durch eine verschmälerte Übergangsstelle deutlich vom Hauptteile des Haares absetzt (Fig. 3). Dieser stellt einen schlanken Kegel dar, der sich am Grunde kolbenförmig erweitert. Das einzellige Brennhaar wird von einem Postament emporgetragen, dessen oberer Teil die kolbenförmige Erweiterung des Haares kelchartig umfafst.

Die Membran ist im obersten Teile des Haares nicht nur stärker verdickt als im unteren, sondern auch reich mit Kieselsäure inkrustiert und deshalb sehr spröde. Berührt man junges Nessellaub schwach mit der Hand, so bricht das Köpfchen der von der Hand gestreiften Haare schief ab, der spitze Teil bohrt sich in die Haut ein, und das Haar, welches im unteren Teile zusammengedrückt wird, ergiefst den fermenthaltigen Zellinhalt in die Wunde. Greift man dagegen eine Nessel herzhaft an, so verbrennt man sich bekanntlich nicht. Der Grund hiervon liegt darin, dafs, bevor das Köpfchen Zeit hatte, abzubrechen, der untere Teil geknickt und das ganze Haar zur Seite gebogen wurde.

In einem halberwachsenen Brennhaare ist das Protoplasma nicht auf einen geschlossenen Wandbeleg beschränkt, sondern es entspringen von demselben zahlreiche, teils dickere, teils zartere Protoplasmastränge, welche den Innenraum nach den verschiedensten Richtungen durchsetzen und durch Anastomosen in Verbindung mit einander treten. Der Zellkern wird meist von diesem Maschennetz getragen (Fig. 3), kann aber auch eine seitliche Stellung einnehmen.

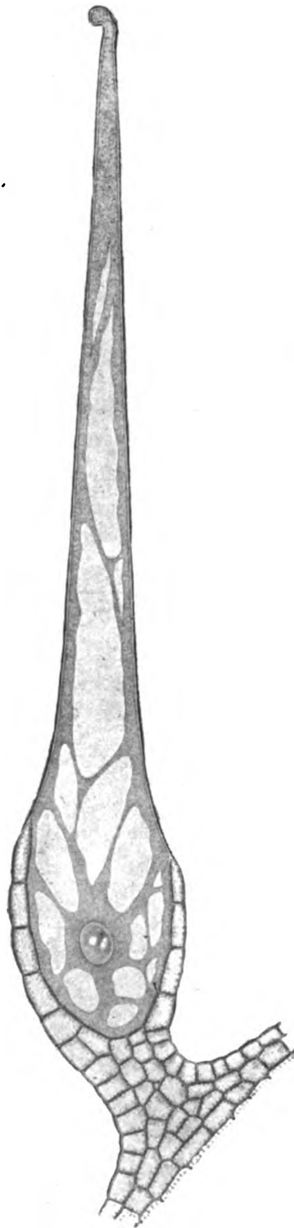


Fig. 3. Halberwachsenes Brennhaar der kleineren unserer beiden Nesselarten (Urtica urens). (Aus des Verf. Botan. Wandtafeln.) 118 mal vergr.

Richtet man das Augenmerk auf die kleinen, farblosen Körnchen, welche in grofser Zahl dem Protoplasma eingebettet sind, so sieht man dieselben innerhalb eines Stranges meist in gleicher Richtung sich vorwärts bewegen. Wo der Strang sich teilt, spalten sich natürlich auch die Ströme. Dieselben münden früher oder später in das Protoplasma des Wandbeleges ein, wo zahlreiche Ströme mit einander in netzartiger Verbindung stehen.

Nicht immer aber strömt das Protoplasma in einem Strange dauernd in derselben Richtung. Es kann zeitweilig stillstehen, um nach kürzerer oder längerer Zeit die frühere Bewegungsrichtung wieder aufzunehmen oder sie mit einer entgegengesetzten zu vertauschen. Besonders interessant sind jene Fälle, wo innerhalb desselben Protoplasmastranges zwei oder mehrere Ströme einen unabhängigen Verlauf zeigen. Selbst in dünnen Strängen kann man mitunter zwei Ströme beobachten, welche in entgegengesetzter Richtung an einander vorübergehen.

Ebenso wie Richtung und Geschwindigkeit der Strömung sind auch die Strömungsbahnen Veränderungen unterworfen. Es können bestehende Verbindungen gelöst werden, indem das Protoplasma von der Mitte eines Stranges nach entgegengesetzten Richtungen abfliefst, worauf dann Zerreifsung des Stranges eintritt; es können aber auch neue Verbindungswege hergestellt werden.

Es drängt sich die Frage auf, welche Bedeutung diese lebhaften Bewegungen für die Pflanzen haben, bei denen sie beobachtet werden. Man darf es von vornherein als sicher betrachten, dafs die dem Protoplasma zur Verfügung stehenden Arbeitskräfte nicht ohne Nutzen für den Organismus vergeudet werden.

Es ist zuvörderst hervorzuheben, dafs lebhafte Protoplasmabewegungen nicht überall schon in der unverletzten Pflanze auftreten, sondern dafs sie häufig erst durch den mit der Herstellung des Präparates verbundenen Reiz hervorgerufen werden. In denjenigen Fällen, wo die Bewegung eine Erscheinung des gesunden Organismus ist, steht sie wohl sicher im Dienste der Ernährung und ist ein wichtiges Agens, den raschen Transport der Stoffe durch die Pflanze zu fördern. Wo sie erst nach Verletzungen auftritt, ist es wahrscheinlich, dafs sie für die Zwecke der Wundheilung thätig ist.

Die Rotations- und die Circulationsströmung, welche wir soeben kennen lernten, haben das miteinander gemein, dafs die Bewegung

des Protoplasma innerhalb geschlossener Membranen verläuft. Die Bewegung beschränkt sich also auf eine Verschiebung der einzelnen Teile, während der Gesamtumrifs des Protoplasmakörpers und der Ort, an welchem er sich befindet, unverändert bleiben.

Ein noch gröfseres Interesse bieten jene Fälle, wo der Protoplasmakörper aus der Membran hervortritt und entweder mit Hilfe von Flimmerfortsätzen oder ohne solche seinen Ort selbstthätig verändert.

Um solche Erscheinungen kennen zu lernen, müssen wir uns auf das Gebiet der Cryptogamen begeben. Besonders in dem Entwicklungsgange vieler Algen und gewisser Pilze spielen membranlose, bewegliche Zellen eine grofse Rolle.

Zuerst genauer untersucht wurde das Hervortreten frei beweglicher Schwärmzellen bei einer sehr verbreiteten grünen Fadenalge, der Vaucheria Ungeri. Dieselbe wächst reichlich am Grunde stehender und langsam fliefsender Gewässer; doch gedeiht sie auch auf feuchtem Boden und überzieht denselben mit ihren lebhaft grünen, seidenglänzenden, locker verflochtenen Fäden.

Die Untersuchung bei starker Vergröfserung ergiebt, dafs die Fäden cylindrisch, am fortwachsenden Ende abgerundet sind und sich in geringer Entfernung hinter dem Scheitel in regellosen Abständen verzweigen. Durch farblose, nach abwärts wachsende Wurzelzweige werden sie am Boden befestigt und mit Nährstoffen versorgt. Der Membran schmiegt sich nach innen der geschlossene Wandbeleg von Protoplasma an, welcher eine gröfsere Zahl in ziemlich gleichen Abständen verteilter Zellkerne, noch zahlreichere Chlorophyllkörner und viele Öltröpfchen enthält. Den mittleren Teil nimmt ein grofser Saftraum ein. Querscheidewände sind, so lange die Pflanze unverletzt bleibt und noch nicht zur Fruchtbildung schreitet, nicht vorhanden.

Setzt man einen auf feuchter Erde erwachsenen Rasen der Vaucheria Ungeri unter Wasser, so wachsen die Fadenenden zunächst lebhaft in die Länge (Fig. 4, A) und schwellen nach einiger Zeit am Scheitel keulenförmig an (Fig. 4, B). Nachdem Protoplasma mit Zellkernen, Chlorophyllkörnern und Öltröpfchen in gröfserer Menge zugeströmt ist, grenzen sich die keulenförmigen Fadenenden durch je eine Scheidewand als selbständige Zellen ab. Diese Scheidewände, anfangs quer ausgespannt, wölben sich sehr bald schwach in den unteren Teil des Fadens hinein (Fig. 4, C). Es ist dies ein Anzeichen dafür, dafs von der abgetrennten Endzelle her ein starker Druck auf sie ausgeübt wird. Schliefslich steigert der Druck sich bis zu einem

Punkte, wo die Membran ihm nicht mehr Widerstand zu leisten vermag. Sie berstet am Scheitel und gestattet nun dem Protoplasma den Durchtritt (Fig. 5, D).

Das Hervortreten des Protoplasmakörpers ist häufig ein sehr mühseliges. Sieht man genauer zu, so erkennt man, dafs er sich in Wirklichkeit hinausbohrt.

Nachdem der Protoplasmakörper frei geworden ist, stellt er einen

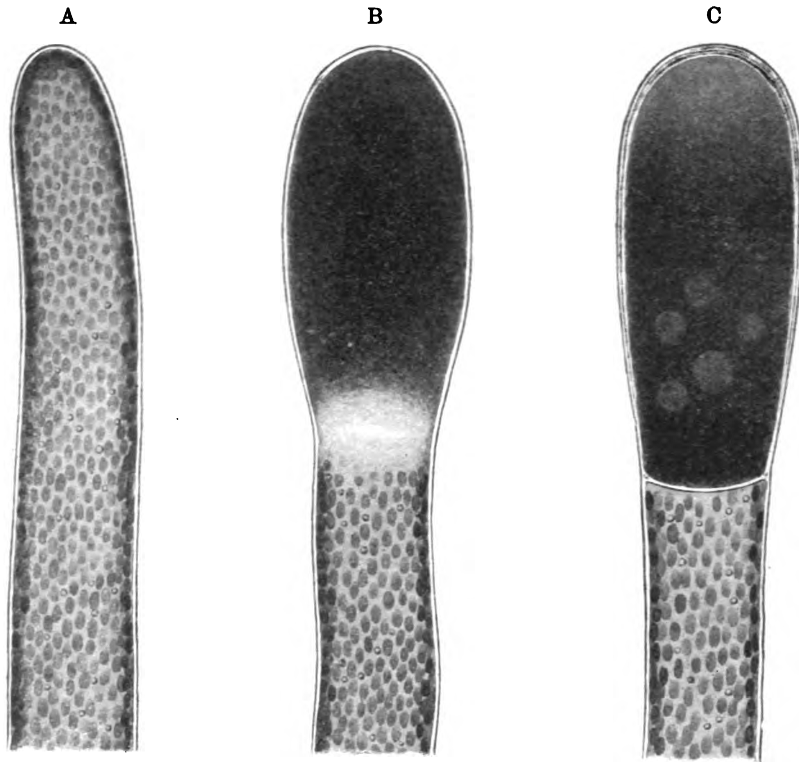


Fig. 4. **Vaucheria Ungeri** Thuret. A: Steriles Fadenende; B: Fadenende, zum Sporangium anschwellend; C: Fadenende, nach Abtrennung des Sporangiums durch eine Scheidewand. Nach Thuret, etwa 250 mal vergr.

verhältnismäfsig grofsen, ovalen Schwärmer dar, in welchem die dunkelgrüne Hauptmasse von einem hellen Saume umschlossen ist. In letzterem sind zahlreiche kleine Zellkerne in einfacher Schicht verteilt, aus deren unmittelbarer Nähe je zwei Flimmerfäden entspringen (Fig. 5, E). Die ganze Oberfläche des Schwärmers ist also mit einem sammetartigen Epithel von Flimmerfäden bedeckt. Die Bewegung, welche durch deren Schwingung verursacht wird, ist keine sehr lebendige; sie setzt sich aus einem Vorschreiten in bestimmter

Richtung und einer Drehung des ganzen Körpers um seine Achse zusammen. Jeder Punkt der Oberfläche beschreibt also eine Schraubenlinie. Nachdem die Bewegung wenige Minuten angedauert hat, und die Schwärmer dabei mehr und mehr Kugelgestalt angenommen haben, gelangen sie zur Ruhe, umgeben sich mit einer Membran und wachsen an einer oder gleichzeitig an zwei bis drei

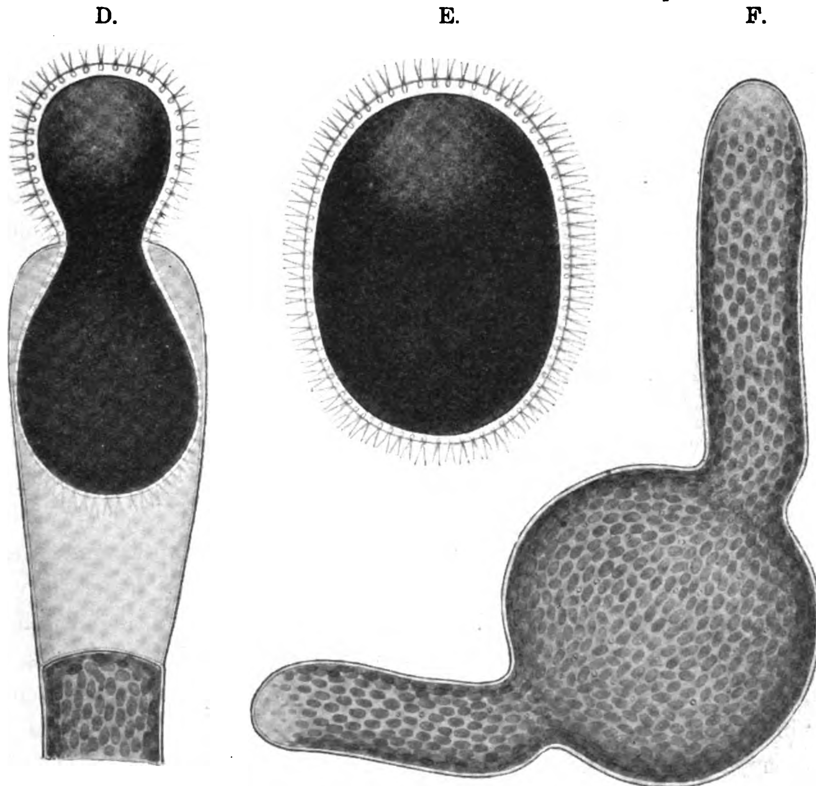


Fig. 5. Vaucheria Ungeri Thuret. D: Schwärmspore, aus dem Sporangium hervortretend; E: Schwärmspore, frei beweglich; F: Keimende Schwärmspore. Nach Thuret, Strasburger und nach der Natur, ca. 250 mal vergr.

Stellen zu cylindrischen Schläuchen aus, welche denen der Mutterpflanze in allen Stücken gleichen (Fig. 5, F).

Der Wiener Botaniker Unger, welcher als erster das Hervortreten der Schwärmer von Vaucheria sessilis genauer verfolgte, war durch seine Befunde so betroffen, dafs er der Abhandlung, in welcher er dieselben im Jahre 1843 veröffentlichte, den Titel gab: „Die Pflanze im Momente der Tierwerdung“.

Leider ist es mir nicht möglich, aus dem weiten, wahrhaft un-

erschöpflichen Gebiete der niederen Pflanzen mehr als zwei weitere Beispiele vorzuführen.

In Warmhäusern findet man nicht selten an Stämmen und Blättern der Kulturpflanzen einen rostfarbenen bis orangefarbenen, sammetartigen Überzug. Hebt man ein wenig von demselben ab und bringt ihn in einem Wassertropfen unter das Mikroskop, so erweist er sich als eine Fadenalge, welche den Namen Chroolepus lageniferum (= Trentepohlia l.) führt (Fig. 6). Dieselbe ist als Begleiterin der Warmhauspflanzen aus ihrer Heimat zufällig zu uns gelangt und findet hier so günstige Bedingungen für ihre Vermehrung, dafs sie zu einer Plage für die Gärtner geworden ist. Sie ist eine nahe Verwandte der im Harz und im Riesengebirge auf granitenen Gesteinen verbreiteten Veilchenalge (Chroolepus Jolithus) und verbreitet wie diese nach dem Eintrocknen einen intensiven Veilchengeruch.

Die kleine Alge stellt Fäden dar, welche durch Querwände gegliedert und in ungleichen Abständen verzweigt sind. In der Mitte sind die Zellen tonnenförmig aufgetrieben. Im Zellinhalte fallen vor allem zahlreiche ölartige Tropfen von orangener Färbung ins Auge. Sie treten viel deutlicher hervor als die im Wandbelege des Protoplasma stets vorhandenen Chlorophyllkörner.

Befindet sich die kleine Alge einige Zeit unter Wasser, was bei der reichlichen Sprengung in den Gewächshäusern häufig genug der Fall ist, so treten aus einzelnen gröfseren Zellen Schwärmer hervor. Die sie erzeugenden Zellen nehmen entweder das Ende eines Zweiges ein, oder sie stehen seitlich an einem Gliede desselben, oder es ist eine beliebige mittlere Zelle eines Fadens, welche eine entsprechende Umbildung erfährt. Die Umbildung besteht darin, dafs die Zelle an Umfang zunimmt und zu einem flaschenförmigen Halse auswächst. Währenddessen erfährt der Protoplasmakörper eine wiederholte Zweiteilung, so dafs erst 2, dann 4, 8, 16, 32, gewöhnlich 64 Teilprodukte aus ihm hervorgehen. Während sich dieselben individualisieren, verschleimt die Membran am Ende des Halses. Bei Benetzung mit Wasser vermag sie nun dem Drucke von innen her nicht mehr Widerstand zu leisten, und es wird der Schleim von den hervortretenden Schwärmern wie ein Pfropf hinausgeschoben.

Die Schwärmer schlüpfen einer nach dem andern durch den Hals hervor. Nachdem sie frei geworden sind, erkennt man, dafs am Vorderende ihres ovalen, schwach abgeplatteten Körpers 2 Flimmerfäden festsitzen, mit deren Hilfe sie sich vorwärts bewegen. Die Bewegung dauert bei dieser Alge unter günstigen Umständen mehrere

Stunden an. Gegen Ende dieses Zeitraumes nähern sich die Schwärmer mehr und mehr der Kugelgestalt, sinken, unter Einziehung der Flimmerfäden, zu Boden, umgeben sich mit einer Membran und wachsen zu einem gegliederten Faden aus, welcher dem der Mutterpflanze in allen Stücken ähnlich ist (Fig. 6).

Wir gehen jetzt zu den auffälligsten aller pflanzlichen Bewegungserscheinungen über, wie sie die Schleimpilze oder Myxomyceten zeigen.

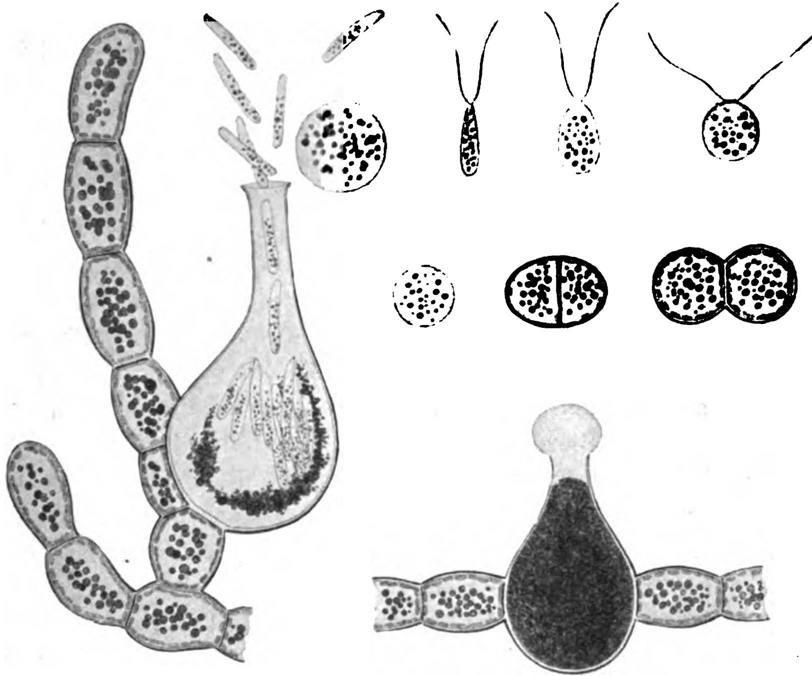


Fig. 6. **Chroolepus lageniferum** Hildebr. Entwicklung, Bewegung und Keimung der Schwärmsporen. Nach Hildebrand, ca. 800 mal vergr.

Diese Klasse niederer Organismen nimmt eine rechte Mittelstellung zwischen Tier- und Pflanzenwelt ein. Im Zustande der Fruchtbildung wird über ihre pflanzliche Natur niemand im Zweifel sein. Die Früchte sehen denen kleiner Bauchpilze (Gasteromyceten) zum Teil so täuschend ähnlich, dafs die älteren Pilzforscher die Schleimpilze unter dem Namen Myxogasteres als Unterabteilung zu den Bauchpilzen gestellt haben. Während ihres vegetativen Entwicklungsganges dagegen tragen sie ganz den Charakter niederer Tiere aus der Gruppe der Amoeben. Sie sind deshalb auch als Pilz-

tiere (Myzetozoen) bezeichnet worden und werden als solche von einigen Forschern dem Tierreiche zugezählt.

In ihrer Lebensweise sind die Schleimpilze meist Fäulnisbewohner. Im vegetativen Zustande lebt die grofse Mehrzahl unter ihnen in faulem Holze, faulem Laube und dergleichen. Die Früchte gelangen auf jeder beliebigen Unterlage zur Reife, welche das Vegetationsorgan im letzten Stadium seiner Bewegung gerade erreicht hat.

Um Ihnen eine Vorstellung von dem Bau einer Frucht zu geben, führe ich Ihnen eine der einfacheren Formen im Bilde vor. Es ist dies Physarum albipes. Die Früchte finden sich nicht selten auf Baumrinden und Moos. Sie besitzen die Form kleiner gestielter Kapseln, welche etwa einem Mohnsamen an Gröfse gleichkommen (Fig. 7, links).

Die gerunzelte Oberfläche der Kapsel macht den Eindruck, als ob ihre Wandung aus Zellen aufgebaut sei. In Wirklichkeit ist sie aber eine einfache, stark gefaltete Membran, welche durch Einlagerung zahlreicher Körnchen von kohlensaurem Kalk sehr brüchig ist.

Innen ist die Kapselwandung gestützt durch ein Gerüstwerk hohler Fasern, welche sich derselben meist mit trichterförmiger Erweiterung anfügen und unter vielfachen Verzweigungen den Innenraum durchsetzen. Sie treten an zahlreichen Stellen in seitliche Verbindung miteinander und erweitern sich bald da, bald dort zu unregelmäfsigen Blasen (Fig. 7, rechts). Die Zwischenräume des Gerüstwerkes sind erfüllt von zahlreichen, freiliegenden Sporen (Fig. 7, links oben).

Die Sporen sind kugelig. Ihre Membran ist derb und blafsviolett. Sie umschliefst einen Protoplasmakörper, aus welchem ein Kern und wenige wässrige Hohlräume, die mehrfach erwähnten Vacuolen, schwach hervorschimmern.

Um den Entwicklungsgang eines Schleimpilzes in seinen Hauptzügen vorzuführen, wähle ich eine der verbreitetsten und gleichzeitig die bekannteste aller Arten, die sogenannte Lohblüte (Fuligo varians oder Aethalium septicum) (Fig. 8). Im Sommer hat man oft Gelegenheit, diesen Organismus in Gerbereien auf feuchten Lohhaufen zu beobachten. In der kälteren Jahreszeit kann man ihn in vegetativem Zustande auf Lohbeeten der Gewächshäuser finden.

Sät man frisch gereifte Sporen in einen auf einer Glasplatte befindlichen Wassertropfen aus, so sieht man sie infolge von Wasseraufnahme ein wenig an Umfang zunehmen. Gewöhnlich schon nach

12—24 Stunden hat sich der vom Protoplasma auf die Membran ausgeübte Druck derart gesteigert, dafs sie berstet und das Protoplasma als rundliches Klümpchen hervortreten läfst (Fig. 8, oben).

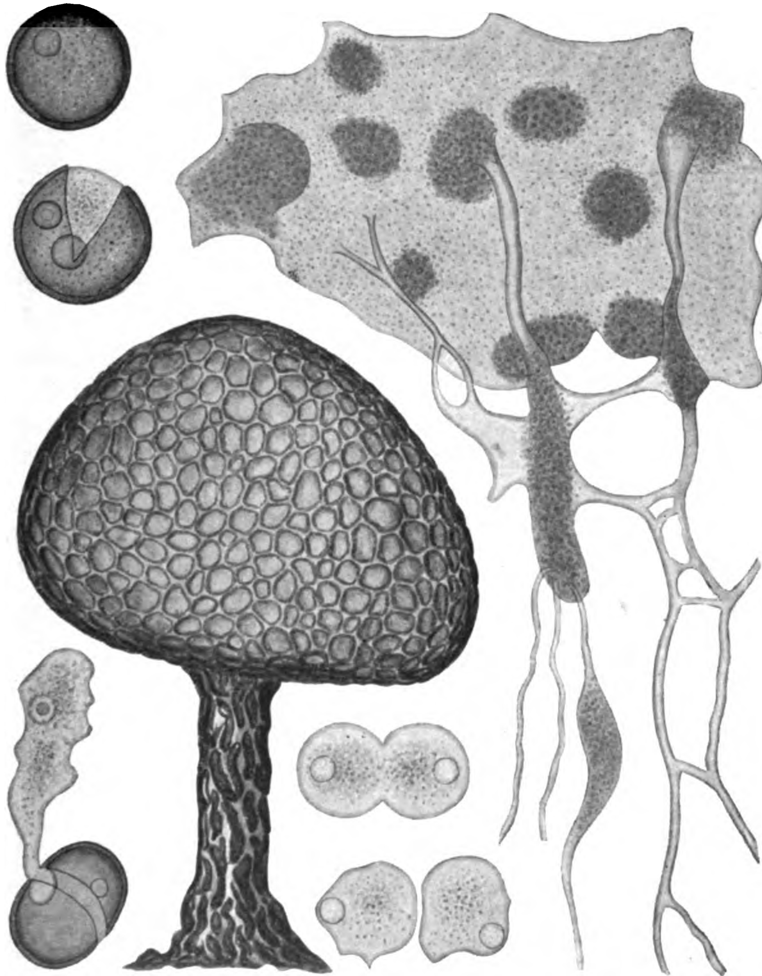


Fig. 7. **Physarum albipes.** Reife Frucht (links unten) und Stücke der Kapselwandung mit Capillitium (rechts oben).
Didymium Libertianum. Keimung der Sporen (links) und Teilung der Schwärmer (unten, in der Mitte). Nach de Bary.

Zunächst bleibt es kurze Zeit vor der Mündung der Sporenhaut liegen. Dann sieht man, wie sich, erst schwach, allmählich immer lebhafter, Formenänderungen in ihm vollziehen. Schliefslich streckt sich der Plasmakörper vor den Augen des Beobachters in die Länge, entsendet am Vorderende einen oder zwei Flimmerfäden und eilt als

Schwärmer davon. In demselben treten, aufser dem Zellkern, einige wässrige Hohlräume, die oben erwähnten Vacuolen, deutlich hervor, von denen mindestens eine eine sogenannte pulsierende ist. Sie nimmt allmählich an Gröfse zu, verschwindet plötzlich und erscheint bald wieder als winziges Tröpfchen an derselben Stelle, um, nachdem sie allmählich von neuem ihren gröfsten Umfang erreicht hat, wiederum zu verschwinden. Eine einmalige Pulsation nimmt bei gewöhnlicher Zimmertemperatur etwas mehr als eine Minute in Anspruch.

Die Bewegung des Schwärmers setzt sich aus drei Momenten zusammen. Erstens schlägt er eine bestimmte, entweder geradlinige oder krummlinige Bewegungsrichtung ein, wobei die Flimmerfäden vorangehen. Hierbei dreht er sich, wie der Schwärmer von Vaucheria, fortdauernd um seine Längsachse. Die rotierende Längsachse liegt aber nicht, wie bei der genannten Alge, in der Richtung der Bewegungsbahn, sondern ist schief gegen dieselbe geneigt und rotiert ihrerseits um dieselbe in dem Mantel eines Kegels. Das Hinterende rückt also unmittelbar in der Richtung der Bewegungsbahn fort, während das Vorderende eine Schraubenlinie um dieselbe beschreibt.

Die schwimmende Bewegung kann zeitweilig in eine amöbenartig-kriechende übergehen. Der Plasmakörper sinkt auf den Boden nieder, zieht die Flimmerfäden ein, schmiegt sich der Unterlage an und entsendet einen oder mehrere stumpfe Fortsätze, in welche der innere, flüssige Teil des Protoplasma von rückwärts her einströmt (Fig. 8, in der Mitte der oberen Gruppe). Die Form des Schwärmers erleidet hierdurch die mannigfachsten Veränderungen, mit denen eine entsprechende langsame Ortsveränderung Hand in Hand geht.

Der kriechenden Bewegung kann wieder eine schwimmende folgen, und so kann sich der Wechsel mehrfach wiederholen.

Während des amöbenartigen Zustandes erfahren die Schwärmer häufig Vermehrung durch Zweiteilung (Fig. 7, unten, Mitte). Nachdem der Kern und die Vacuolen sich verdoppelt haben, tritt eine Einschnürung des Protoplasmakörpers ein.

Sehr bald wird die Teilung aber durch den entgegengesetzten Prozefs abgelöst. Man sieht, wie je zwei Amöben sich nähern und mit einander verschmelzen. Es entstehen auf solche Weise gröfsere Protoplasmaklümpchen, welche nicht mehr imstande sind, mit Hilfe eines oder mehrerer Flimmerfäden zu schwärmen, sondern sich nur noch amöbenartig kriechend fortzubewegen (Fig. 8, rechts oben). Diese Plasmaklümpchen, welche den Namen „Myxamoeben“ erhalten haben, vergröfsern sich mehr und mehr, teils dadurch, dafs sie

neue Schwärmer in ihre Substanz aufnehmen, teils dadurch, dafs sie nach Art echter Tiere fressen. Sobald ein fremdartiger Körper in den Bereich ihrer Ortsbewegung gelangt, fliefst der Vorderrand der Myxamoebe über ihn zusammen, schliefst ihn auf solche Weise in ihr

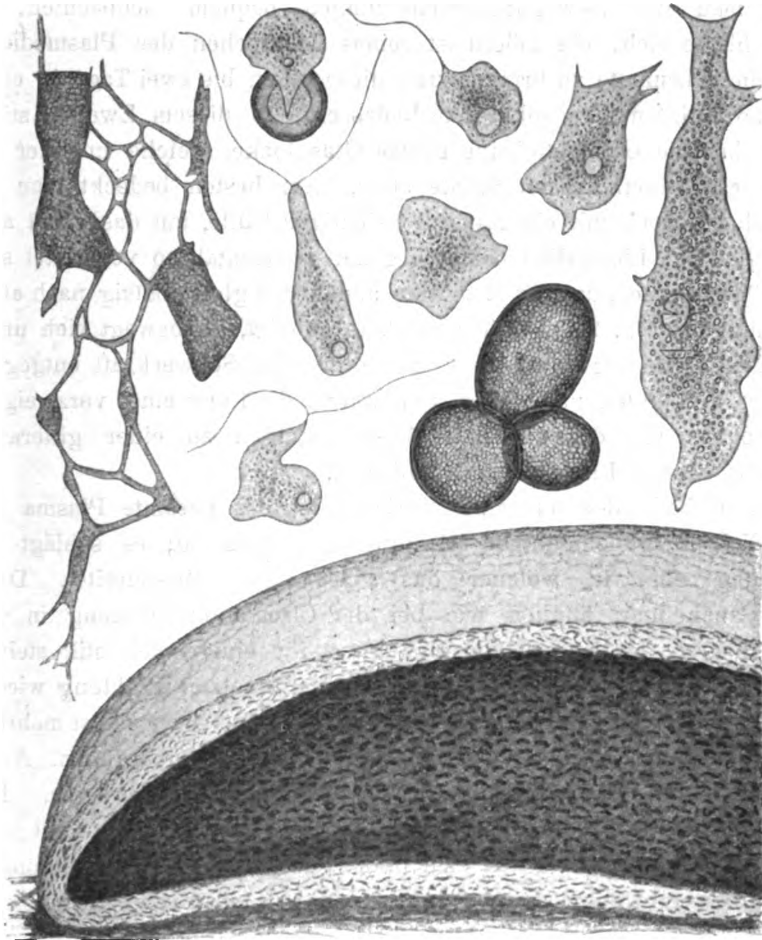


Fig. 8. **Fuligo varians** (= Aethalium septicum). Stück eines durchschnittenen Fruchtkörpers (unten); Stück des Capillitiums (links); Sporenkeimung, Schwärmer, Myxamöben und 3 Zellen eines Sclerotiums. Nach de Bary.

Inneres ein, löst die brauchbaren Nährstoffe aus ihm heraus und stöfst die unbrauchbaren Überreste wieder aus. Durch solche Vergröfserung wird die Myxamoebe allmählich zu dem erwachsenen Vegetationszustande des Schleimpilzes, welcher den Namen „Plasmodium“ führt.

Das Plasmodium des Aethalium septicum, die sogenannte Lohblüte, bildet lebhaft schwefelgelb gefärbte Massen von rahmartiger Konsistenz, welche das Innere feuchter Lohhaufen durchwuchern, um später zum Zwecke der Fruchtbildung die Oberfläche aufzusuchen. Will man die Bewegungserscheinungen bequem beobachten, so empfehlt es sich, ein möglichst reines Klümpchen des Plasmodiums auf eine Glasplatte zu bringen und diese einen bis zwei Tage in einer dunstgesättigten Atmosphäre zu belassen. Zu diesem Zwecke stülpt man über die Glasplatte eine grofse Glasglocke, welche in einer mit Wasser gefüllten flachen Schale steht. Am besten bedeckt man die Glasglocke noch mit einer undurchsichtigen Hülle, um das Licht auszuschliefsen. Liegt die Glasplatte genau horizontal, so verbreitet sich das Plasmodium nun von der Mitte annähernd gleichmäfsig nach allen Richtungen (Fig. 9); ist die Glasplatte geneigt, so bewegt sich unter bestimmten Bedingungen das Plasmodium, der Schwerkraft entgegengesetzt, von unten nach oben, und nimmt die Form eines verzweigten Bäumchens an, dessen letzte Auszweigungen zu einer gitterartig durchbrochenen Platte zusammenfliefsen.

Innerhalb der einzelnen Stränge ist das gesamte Plasma gewöhnlich in gleichsinniger Richtung in Bewegung; es schlägt die Richtung ein, in welcher das Plasmodium fortschreitet. Doch kann auch hier, ähnlich wie bei der Circulationsströmung in den Brennhaaren der Nessel, die Bewegung für einige Zeit still stehen, um entweder in derselben oder in entgegengesetzter Richtung wieder aufgenommen zu werden. Auch hier können zwei oder selbst mehrere Ströme in demselben Plasmastrange an einander vorübergehen. Auch hier sind die Strömungsbahnen Veränderungen unterworfen. Besonders am fortschreitenden Vorderende des Plasmodiums sieht man neue Verbindungen dadurch sich bilden, dafs seitliche Auszweigungen benachbarter Stränge sich begegnen und mit einander verschmelzen. Häufiger wird die Fortbildung des Maschennetzes dadurch bewirkt, dafs vorher solide Stellen der Randplatte gitterartig durchbrochen werden. Die Aufhebung bestehender Verbindungen sieht man besonders häufig in den vom Vorderende entfernten Partien. In einem dünnen Strange, welcher die Brücke zwischen zwei stärkeren Strängen herstellt, sieht man das Plasma nach beiden Seiten abfliefsen, bis schliefslich Zerreifsung in der Mitte eintritt. Die Stümpfe werden dann in die zugehörigen Hauptströme eingezogen (Fig. 10).

Hat die Bewegung des Plasmodiums kürzere oder längere Zeit angedauert, so schickt es sich zur Fruchtbildung an. Dieselbe kann

auf jeder beliebigen Unterlage erfolgen. So verfolgte ich vor Jahren ein Plasmodium von Aethalium, wie es von einem Lohbeete an der Wand des Gewächshauses emporkroch und schliefslich in einem Spinngewebe, über das es nicht hinaus konnte, zur Frucht-

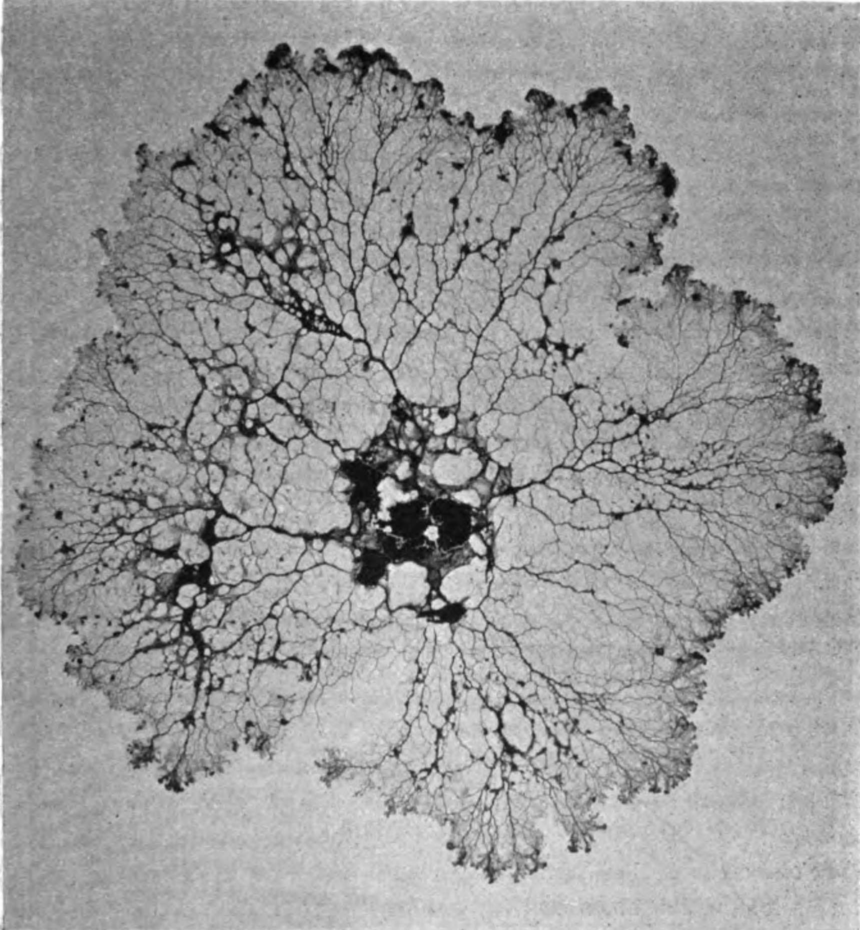


Fig. 9. Photogramm eines auf einer horizontalen Glasplatte im Dunkeln erzogenen Plasmodiums von Fuligo varians, in natürlicher Gröfse.

bildung schritt. In einem anderen Falle wurde der Fruchtkörper am oberen Ende eines Holzetikettes gebildet, an welchem das Plasmodium vom Blumentopfe aus emporgeklommen war.

Die Fruchtbildung wird dadurch eingeleitet, dafs die Auszweigungen des Plasmodiums mehr und mehr eingezogen werden. Nachdem es äufserlich die Form der Frucht angenommen hat, erstarrt es

innerlich zu den einzelnen Teilen derselben, zur Hülle, zum Capillitium und zu den Sporen.

Da die Bewegungserscheinungen des Protoplasma, welche in einigen Beispielen vorgeführt wurden, der äufsere Ausdruck einer energischen Lebensthätigkeit sind, so sind sie naturgemäfs an alle jene Bedingungen geknüpft, welche das organische Leben überhaupt beeinflussen.

In erster Linie steht hier die Notwendigkeit des Sauerstoffes der atmosphärischen Luft.

Die Pflanzen atmen bekanntlich ganz ebenso wie die Tiere. Sieht man von gewissen niederen Pilzen ab, in welchen die Atmung in etwas abweichender Weise verläuft, so nehmen sie durchweg freien Sauerstoff auf und hauchen Kohlensäure dafür aus. Der Sauerstoff dient dazu, bestimmte organische Verbindungen ihres Körpers langsam zu verbrennen. Auf solche Weise gewinnen sie die Betriebskräfte für mannigfache Lebensprozesse, besonders für das Wachsen. Wird dem in Bewegung befindlichen Protoplasma der Sauerstoff entzogen, so tritt nach kurzer Zeit Ruhe ein. Wird unmittelbar, nachdem die Bewegung zum Stillstande gelangt ist, wieder Sauerstoff zugeführt, so beginnt die Bewegung von neuem; bleiben die Objekte dagegen mehrere Stunden lang in sauerstofffreier Luft, so ist der Tod des Protoplasma die Folge.

Von gröfster Wichtigkeit für den Fortgang der Protoplasmabewegung ist ferner eine zusagende Temperatur. Die uns beschäftigenden Bewegungserscheinungen verhalten sich in dieser Beziehung ebenso wie alle anderen von der Wärme abhängigen Lebensprozesse: — es giebt eine Minimaltemperatur, unter welche die Quecksilbersäule nicht herabsinken darf, und eine Maximaltemperatur, welche nicht überschritten werden darf. Zwischen beiden liegt eine Optimaltemperatur, bei welcher die Protoplasmabewegung am lebhaftesten erfolgt. Werden die beiden extremen Temperaturen nur für kurze Zeit und nur um ein Geringes überschritten, so tritt zwar ein Starrezustand des Protoplasma ein, dasselbe vermag aber bei Rückkehr günstiger Umstände die Bewegung wieder aufzunehmen. Bei längerer oder bei erheblicher Überschreitung der Temperaturgrenzen stirbt es ab.

Das Licht ist für den Fortgang der Bewegungserscheinungen ohne Bedeutung. Innerhalb geschlossener Membranen, wie z. B. in

den Blättern der Wasserpest oder in den Brennhaaren der Nessel, finden die Protoplasmabewegungen ebenso im Dunkeln wie bei Beleuchtung statt. Von sehr erheblichem Einflusse ist aber das Licht auf die Bewegungs**richtung** frei beweglicher Protoplasmakörper,

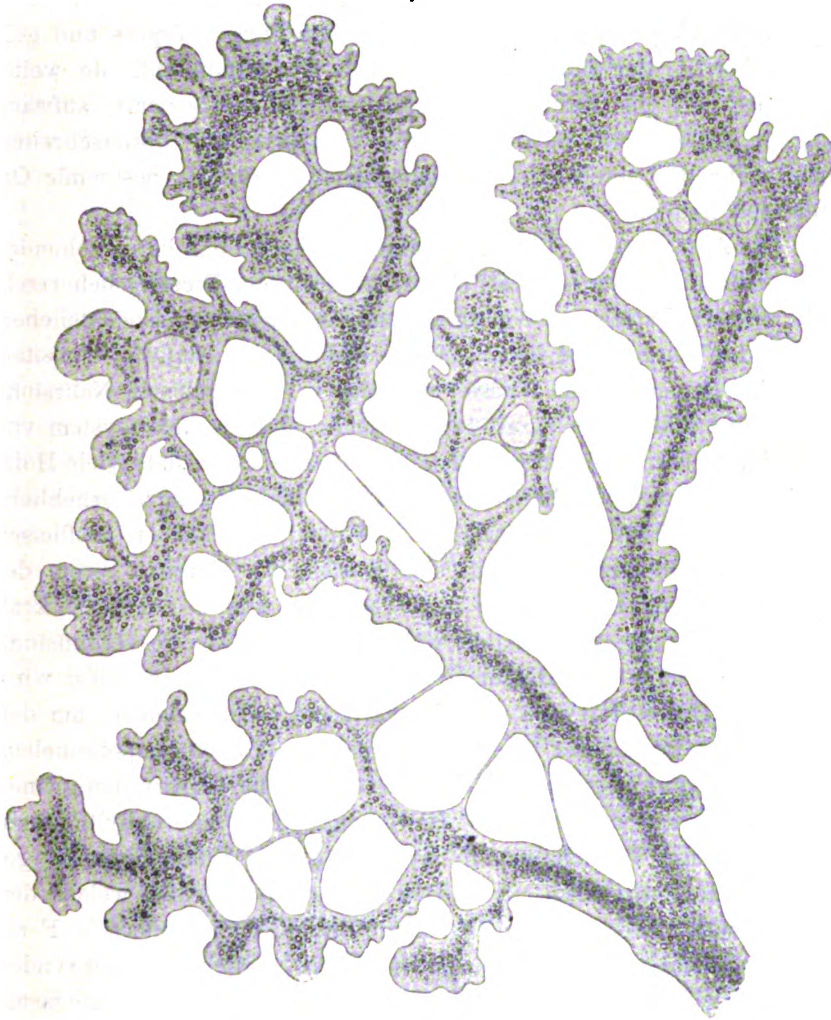


Fig. 10. Randstück eines Plasmodiums von Fuligo varians.

insbesondere der grünen Algen-Schwärmer. Für sie ist Licht bis zu einem bestimmten Helligkeitsgrade Bedürfnis; sehr intensives Licht ist ihnen aber schädlich. Sie sind dementsprechend so organisiert, dafs sie einer schwachen Lichtquelle zustreben, sehr intensives Licht aber fliehen.

Die Organismen, welche wir zuletzt besprachen, gehören dem Gebiete der niederen Pflanzen an. Auf der tiefsten Stufe derselben stehen die streng einzelligen Pflanzen. Hier spielen sich alle Lebensprozesse in einer und derselben Zelle ab. Sie nimmt die Nährstoffe von aufsen auf, verarbeitet sie, verwendet die erzeugten organischen Verbindungen für den Fortbau ihres Körpers und geht schliefslich in der Bildung einer neuen Generation auf. Je weiter wir aber auf der Stufenleiter des natürlichen Systems aufwärts steigen, desto mehr sehen wir die Arbeitsteilung voranschreiten, desto mehr die verschiedenen Lebensbewegungen an bestimmte Organe sich ketten.

Die Aufnahme der flüssigen Nährstoffe ist bei den höherstehenden Landpflanzen in erster Linie der Wurzel zugewiesen. Dieselbe beherrscht nicht nur die kapillaren Wasserströmungen derjenigen Bodenteilchen, welche die Wurzelhaare berühren, sie macht ihren Einflufs in weitem Umkreise geltend. Das Wasser und die in ihm gelösten Nährstoffe werden mit erheblicher Kraft aufgenommen und im Gefäfssystem von Wurzel und Stamm emporgeprefst. Jedermann weifs, dafs viele Holzgewächse, wenn man ihren Stamm im Frühjahr verletzt, erhebliche Quantitäten wässeriger Flüssigkeit aus dem Holzkörper ausfliefsen lassen. Sie „bluten", wie man sich ausdrückt. Um den Strom des rohen Nährsaftes aufwärts zu befördern, ist aufser der Druckkraft aber auch eine Saugkraft thätig, welche durch die Wasserverdunstung an der Oberfläche der Blätter und der Sprofsachsen ausgelöst wird. Beide, die Druckkraft und die Saugkraft, wirken zusammen, um den Wasserstrom bis zu den Kronen der höchsten Bäume emporzuheben

Der Massenbewegung der rohen Nährstoffe folgt in den grünen Laubblättern die moleculare Bewegung. Die chlorophyllhaltigen Zellen sind die Werkstätten, in welchen die zu ihnen aufwärts geförderten Stoffe chemisch verarbeitet werden. Die Kräfte, welche den Pflanzen von aufsen in verschiedenen Formen, insbesondere in Form von Sonnenlicht und Sonnenwärme zufliefsen, werden dazu verwendet, von der Kohlensäure den Sauerstoff abzuspalten und sauerstoffarme organische Verbindungen herzustellen. Das erste sichtbare Produkt dieser Umsetzungen sind der Regel nach die in den Chlorophyllkörnern auftretenden Stärkekörner.

Untersucht man Laubblätter, deren chlorophyllhaltige Zellen am Abend eines sonnenklaren Tages reichlich Stärke enthielten, in den frühen Morgenstunden, so findet man wenig oder nichts mehr von der Stärke vor. Sie ist während der Nacht in löslicher Form, als

eine Zuckerart, ausgewandert, um für die Bildung neuer Stärke am nächsten Tage Platz zu machen. Ähnliche Wanderungen organischer Substanzen finden auch in anderen Teilen der Pflanze in ausgiebigster Weise statt. In seltenen Fällen wandert dabei das sogenannte „plastische Material“ direkt vom Orte der Entstehung nach dem Orte des Verbrauches hin. Meist wird es vorübergehend oder für längere Zeit in bestimmten Geweben oder selbst in besonderen Organen aufgespeichert, um erst auf Umwegen seinen letzten Bestimmungsort zu erreichen. So füllen sich die unterirdischen Kartoffelknollen mit dem Materiale, das in den grünen Laubblättern erzeugt war, und geben dasselbe im nächsten Frühjahr an die auswachsenden jungen Triebe ab.

Während dieser Bewegungen der plastischen Stoffe finden die mannigfachsten chemischen Umsetzungen statt. Es entstehen dabei durch Vereinigung stickstofffreier Verbindungen mit dem Stickstoff salpetersaurer Salze die wichtigen Eiweifssubstanzen, welche man als chemische Grundlage des organischen Lebens betrachtet. Diese Eiweifssubstanzen sind aber durch geringe Beständigkeit in hohem Grade ausgezeichnet. Sie werden fortdauernd durch den Sauerstoff der Luft verbrannt und liefern als das am leichtesten nachweisbare Verbrennungsprodukt Kohlensäure. Bei der Verbrennung werden die Kräfte, welche bei Erzeugung der organischen Verbindungen aus dem Rohmaterial in der Pflanze gespeichert wurden, wieder frei. Zum kleineren Teile treten sie aus der Pflanze heraus; zum bei weitem gröfseren Teile finden sie in der Pflanze selbst Verwendung.

Die Ernährungsbewegungen, welche wir bei den höheren Pflanzen in den Hauptzügen schilderten, sind sich nicht Selbstzweck, sondern bieten die Mittel zur Förderung eines doppelten Zweckes: 1. des Wachstums und der Entwickelung des Einzelwesens und 2. der Erzeugung neuer Generationen, der Erhaltung der Art.

Auch das Wachstum und die Entwickelung der Pflanzen setzen sich aus einer Reihe von Bewegungen zusammen, welche in mannigfachster Weise ineinandergreifen. Die Kräfte, welche hierzu erforderlich sind, gewinnen die Pflanzen aus der soeben besprochenen Verbrennung organischer Verbindungen. Der Aufwand an Energie beim Wachstum ist ein sehr beträchtlicher. Es gilt nicht nur, das Eigengewicht der im Wachstum begriffenen Pflanzenteile zu heben, sondern auch mannigfache, zum Teil sehr grofse äufsere Widerstände zu überwinden. Der Keimling des Samens mufs sich, nachdem er die Samenschale gesprengt hat, seinen Weg im Boden selbst bahnen.

Beim Dickenwachstum vermögen viele Wurzeln und Stämme selbst Felsen zu sprengen.

Licht und Wärme, welche für die Ernährung von besonderer Bedeutung sind, spielen auch bei Ausgestaltung des Pflanzenkörpers eine sehr wichtige, im einzelnen freilich sehr verschiedene Rolle. Besonders das Licht sehen wir die Wachstumsrichtung der Blätter und des Stammes meist in unmittelbarster Weise bestimmen, während die Wärme ihre Hauptbedeutung darin hat, dafs sie die Bedingungen schafft, unter denen Wachstum und Formbildung überhaupt möglich sind. Für die Wachstumsbewegungen tritt aber als Moment von besonderer Bedeutung noch die Schwerkraft hinzu, welche gewissen Teilen der Pflanzen, wie den Keimwurzeln, die Richtung nach dem Erdmittelpunkte vorschreibt, anderen, wie den ersten Keimachsen, den entgegengesetzten Weg weist, wieder anderen Gliedern des Pflanzenstockes eine Stellung in horizontaler oder schiefer Stellung aufnötigt.

Als eine fortlaufende Kette von Bewegungen lassen sich nicht nur die Ernährung, das Wachstum, die Formbildung und die Vermehrung der Pflanzen auffassen; — auch die Entwickelung des gesamten Pflanzenreiches stellt sich unter diesem Gesichtspunkte dar. Wie die geologischen Urkunden uns lehren, hat das Pflanzenreich in früheren Perioden der Erdentwickelung nicht den gleichen Reichtum äufserer Formentfaltung und innerer Gliederung gezeigt, wie er gegenwärtig sich unserem bewundernden Auge darbietet. Von kleinen Anfängen hat es allmählich und nicht immer auf geradem Wege den gegenwärtigen Höhepunkt erreicht. Jetzt freilich ist es nicht mehr in erster Linie der freie Wettbewerb der Pflanzen unter sich und ihre Beziehungen zur Tierwelt, welche für die Weiterentwickelung der Vegetation ausschlaggebend sind. Der Mensch, welcher der ganzen Natur sein Joch aufgelegt hat, greift durch die Kultur mehr und mehr bestimmend in die Formentwickelung ein. Wie in der Beherrschung der Kräfte der unbelebten Welt, sucht er auch im Reiche der Organismen die Zügel der Bewegung immer straffer zu fassen.

Der Ausblick auf die Entwickelungsbewegung des gesamten Pflanzenreiches bietet den natürlichen Schlufsstein unseres kurzen Überblickes über die Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche.

Wir haben uns überzeugt, dafs die Bewegungen im Leben der

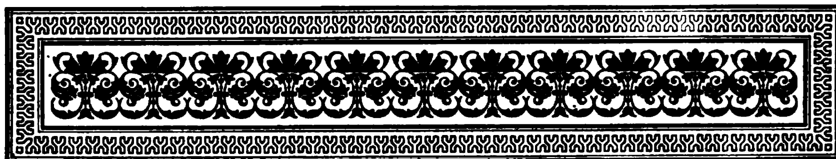
Pflanzen keine geringere Rolle spielen als in demjenigen des Tieres, dafs nur die Form, in welcher sie sich äufsern, eine verschiedene ist.

Manchem wird diese Erkenntnis im ersten Augenblick vielleicht keine erwünschte sein. Die Pflanzen waren ihm bisher das stille Reich, in das er, Ruhe suchend, flüchtete, wenn er von den aufreibenden Bewegungen des täglichen Lebens ermüdet war. Nun raube ich diese liebgewordene Vorstellung und biete als Ersatz dafür die Überzeugung, dafs auch im Leben der Pflanzen alles in rastloser Bewegung sich abmüht.

Meine Rechtfertigung suche und finde ich in der Zuversicht, dafs jede Wahrheit notwendig einen geistigen Gewinn in sich birgt.

Auch Sie, meine verehrten Leser, werden im Lichte der etwa neu für Sie gewonnenen Erkenntnis Ihr Interesse für die Pflanzenwelt unmöglich vermindert fühlen. Ist es ja doch zweifellos, dafs unsere Teilnahme für die aufser uns liegenden Dinge sich um so höher steigert, je mehr wir uns ihnen innerlich verwandt fühlen. Erkennen wir in der Pflanzenwelt, ebenso wie im Leben und in der Entwickelung der Menschheit, das Wirken zielbewufster Bewegungen, so braucht unsere naive Freude an Form und Farbe der Pflanzengestalten darum nicht vermindert zu werden. Dieselbe wird vielmehr durch das höhere Interesse verklärt werden, welches das verständnisvolle Lauschen in der Werkstatt der Natur jedem denkenden Menschen gewährt.





Entwickelung und Bedeutung der Ätherhypothese.

Von F. K. Ginzel, ständigem Mitgliede des Königl. astronom. Recheninstitutes in Berlin.

Die Vorstellung von einem das Weltall erfüllenden feinen Stoffe, dem Weltäther, ist uralt und geht bis auf die altindische Philosophie zurück. Nach letzterer ist der Äther, âkâ'sa (der leuchtende, glänzende) ein das ganze Weltall erfüllendes, überall seiendes Fluidum, eines der fünf Grundelemente (pantschatâ), aus denen das Universum besteht. In der griechischen Naturphilosophie, namentlich bei Anaxagoras, Empedocles und Aristoteles, finden wir diesen Begriff wieder. Er bedeutet „reine Feuerluft, hellstrahlend, von grofser Dünne und ewiger Heiterkeit", und dafs der Begriff von den Griechen aus der indischen Philosophie übernomnen worden ist, zeigt schon die griechische Bezeichnung Äther an (αἰθήρ, von αἴθειν = brennen). Nach der alten Naturphilosophie erfüllt der Äther den Himmelsraum, weil er das absolut leichteste der Elemente, das Feuer, vorstellt, und weil ihm, wie uns Aristoteles versichert, die vollkommenste der Bewegungen, nämlich die Kreisbewegung, zukommt. Deshalb besteht die Sphäre der Fixsterne, „die sich ihrer Natur nach ewig gleichmäfsig fortbewegt", rein aus Äther. Die Planeten haben keine strenge Gleichförmigkeit der Bewegung, denn sie sind schon mit irdischen Bestandteilen vermengt. (Erde ist das absolut schwere Element; zwischen Erde und Feuer liegen die den mittleren Zustand der Materie ausdrückenden Elemente, das Wasser und die Luft.) Aristoteles scheint übrigens schon geneigt, den Begriff vom Äther als Element des „höheren" Weltraumes zu verlassen und in einem weiteren, unseren modernen Vorstellungen näher kommenden Sinne zu erfassen, denn er lehrt, dafs der Äther alles Lebendige, Menschen, Pflanzen und Tiere durchdringe und dafs er das Prinzip alles Lebens sei. Bei der Unbestimmtheit der Ansichten, welche uns in den Schriften der Alten über naturwissenschaftliche Gegenstände vielfach entgegentritt, ist es

mifslich zu sagen, inwieweit die Eigenschaften, welche die Philosophie des Altertums dem Weltäther beilegte, mit denen übereinkommen, die unsere heutige Physik für den Äther postuliert. Wahrscheinlich dürfen wir als Gemeinsames nicht viel mehr wie die Eigenschaft der Feinheit und Dünne annehmen. Jedenfalls aber blieb während des ganzen Altertums der Weltäther nichts weiter als ein philosophisches Prinzip, und von einem Versuche, Konsequenzen aus den aufgestellten Eigenschaften dieses Urstoffes für die Erklärung der Naturerscheinungen zu ziehen, findet sich keine Spur. Denn die alte Naturphilosophie bemühte sich nur, in ihren Erklärungen die Ableitbarkeit des Natürlichen, Gesetzmäfsigen der Dinge aus aufgestellten Grundsätzen zu erreichen; dagegen zu beobachten und zu versuchen, die Thatsachen mit den Ableitungen zu vergleichen, letztere dann zu verbessern, und so in planmäfsiger stetiger Verfolgung der Theorie und Beobachtung von der Lösung der einfacheren Wahrheiten zur Erklärung der schwierigeren Naturerscheinungen aufzusteigen, dies lag der Zeit des Aristoteles noch fern. Das Hauptmittel unserer heutigen Physik, die Beobachtung und das Experiment, fehlte damals noch ganz. Deshalb mufste die Hypothese vom Weltäther auf lange Zeit hinaus unfruchtbar bleiben, und die alte Naturphilosophie konnte nicht ahnen, dafs eine Zeit kommen werde, in welcher der Weltäther zur Basis der bedeutsamsten Theorien über die Erklärung der wichtigsten Naturerscheinungen gemacht werden würde, ja dafs eine ferne Epoche der Erkenntnisthätigkeit sogar in dem Weltäther das Mittel suchen würde, die Vielheit der Naturerscheinungen auf eine einheitliche Grundursache zurückzuführen.

Erst in der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts, lange danach, als die aristotelische Naturphilosophie durch den Fortschritt der Physik und durch die astronomischen Entdeckungen seit der Erfindung des Fernrohrs allen Boden verloren hatte, treffen wir wieder auf einen Versuch, den Weltäther zum Gegenstande philosophischer Spekulation zu machen, wenigstens insoweit dies die Eigenschaft desselben als welterfüllendes Medium betrifft. Wir meinen die Wirbeltheorie von René Descartes. Dieses philosophische System, welches nicht nur die Entstehung der Welt und die Bewegung der Himmelskörper zu erklären unternimmt, sondern auch von dem Wesen der hauptsächlichsten Naturkräfte, dem Lichte und der Wärme u. s. w. Rechenschaft zu geben versucht, nimmt an, dafs die materiellen Teilchen des Urstoffes anfänglich kugelförmige Wirbel bildeten, die sich um sich selbst drehten. Durch diese Wirbelbewegung schliff sich ein Teil der Urmaterie

kugelförmig ab, so dafs zwei Arten von Materie entstanden, nämlich kleine Kügelchen, welche Descartes als erstes Element bezeichnet, und gröfsere, die das zweite Element bilden. Die kleineren Himmelskügelchen, welche die Zwischenräume der zweiten Elemente ausfüllten, vermehrten sich in dem Mafse, als sich die Kügelchen des zweiten Elementes an einander abrieben, und ihre das Übergewicht gewinnende Menge flofs nach der Mitte des Wirbels und bildete dort einen Centralkörper. In den Wirbeln setzt sich der Druck, den der Stoff des ersten Elementes nach aufsen hin ausübt, geradlinig durch die benachbarten Wirbel fort. Diesen von Himmelskügelchen zu Himmelskügelchen sich fortpflanzenden Druck empfindet das Auge als Licht. Von jeder Lichtquelle geht ein solcher Druck aus, weil durch die heftige Bewegung der kleinsten Teile der Lichtquelle gegen die in ihr und um sie befindlichen Kügelchen des zweiten Elementes ein Stofs ausgeführt wird. Die schwerer beweglichen Massen, die durch die Wirbel in die Centralkörper gelangen, bilden ein besonderes, drittes Element. Wärme ist nichts anderes, als eine durch den Stofs der Himmelskügelchen hervorgerufene Erzitterung der Partikel des dritten Elementes, und die Erscheinung der Schwere der Körper auf der Erde ist eine Folge des Rückstofses, welchen die vom Centrum der Erde, das aus Teilchen des ersten Elementes gebildet ist, sich entfernenden Himmelskügelchen auf die Teilchen des dritten Elementes ausüben. Die Descartessche Hypothese, von der wir hier nur in den Hauptpunkten einige dürftige Andeutungen geben können, fufst zum Teil auf dem Weltäther, wenn dies auch nicht völlig klar ausgesprochen wird. Dies geht aus dem Aufbau der Hypothese hervor, welche von einem Urstoffe ausgehend zu den verschiedenen Zuständen der Materie zu gelangen sucht, von den „schwersten Elementen“ bis zur feinen „Himmelsluft“. Überall in diese Elemente sind die „Himmelskügelchen“ eingeschlossen, und diese rufen durch irgend eine Art von Bewegung, Druck oder Stofs, die Erscheinungen der Wärme, des Lichtes, der Elastizität u. s. w. hervor, in unverkennbarem Anklingen an die von Aristoteles schon gelehrte Erfüllung und allseitige Durchdringung der Welt durch den Äther. Die Descartessche Hypothese ist selbstverständlich physikalisch vollkommen unhaltbar, denn sie bedarf so vieler Voraussetzungen und Nebenannahmen, dafs ohne die Zuhilfenahme dieser die Durchführung des Hauptgedankens nicht gelingt. Die Wirbeltheorie ist trotzdem für die Erkenntnis in der Physik bemerkenswert, denn sie bestrebt sich, die Materie von den besonderen Fähigkeiten (sogenannten Qualitäten) frei zu machen, welche die Alten

der Materie zur Erklärung der Erscheinungen beigelegt hatten; die Theorie ging auf eine plausible Erklärung der Naturkräfte aus einer Grundannahme hinaus und hob die unvermittelte Wirkung der Körper aufeinander auf. Die uns heute so fremdartig berührende Hypothese Descartes gewann bei seinen Zeitgenossen viele Anerkennung, was uns nicht wundern darf: denn einesteils nahm die Physik, und besonders die experimentale, damals eben erst ihren Aufschwung, und andernteils war die Achtung vor naturphilosophischen Systemen noch eine höhere als in späterer Zeit, wo sich die Physiker nicht mehr mit bloſsen philosophischen Deductionen begnügen wollten, sondern mit den physikalischen Erfahrungen und der Mathematik prüfend an die Systeme herantraten. Der Descartessche Versuch, die Erklärung der Naturkräfte aus leicht begreiflichen Eigenschaften der Materie abzuleiten, war für die Zeit der Mitte des 17. Jahrhunderts so bestechend, daſs das System bald weithin Verbreitung fand, so zwar, daſs spätere, auf viel gesünderen wissenschaftlichen Boden aufgebaute Ideen einen langen Kampf zu bestehen hatten und sich nur ganz allmählich festzusetzen vermochten.

Es ist also nicht befremdend, wenn wir fast bis auf Newton keinen Physiker finden, welcher sich bestimmter über den Weltäther und dessen Eigenschaften ausspricht. Nur einige Spuren sind es, auf die wir bei Grimaldi und Hooke treffen, welche wenigstens verraten, daſs man bezüglich der Fortpflanzung des Lichtes zu ahnen begann, es möchte der Äther dabei eine Rolle spielen. Grimaldi hatte in ein dunkles Zimmer durch eine kleine Öffnung Licht fallen lassen und den ausbreitenden Lichtkegel auf einer weiſsen Fläche aufgefangen. Als er einen Stab in den Lichtkegel hielt, bemerkte er, daſs der Kernschatten des Stabes auf der Fläche breiter war, als dieser bei einer nur gradlinigen Fortpflanzung des Lichtes hätte sein müssen, ferner, daſs sich zu beiden Seiten des Schattens noch einige blaue und rote Streifen zeigten, die von innen nach auſsen an Intensität abnahmen. Dieses Experiment bewies, daſs sich das Licht bei seinem Vorübergange an Körpern ablenke und an dem Körper herumbiege. Grimaldi vergleicht nun diese Erscheinung, welche uns heute als die Beugung des Lichtes wohl bekannt ist, mit den kreisförmigen Wellen, die ein ins Wasser geworfener Stein um sich aufwirft: „Gerade so entstehen um den Schatten des undurchsichtigen Gegenstandes glänzende Streifen, die sich nach der Verschiedenheit der Gestalt des letzteren entweder lang ausbreiten oder gekrümmt erscheinen . . . , und jene glänzenden Streifen sind nichts anderes als das Licht selbst,

das durch eine heftige Zerstreuung ungleichmäfsig verteilt und durch Schattenintervalle getrennt wird." Lautet diese Äufserung schon anklingend an den Hauptsatz unserer heutigen Undulationstheorie, dafs die Fortpflanzung des Lichtes durch die Wellenbewegung des Äthers geschieht, so wirkt der von Grimaldi bei der Erörterung über die Farben ausgesprochene Gedanke noch weiter in jenem Sinne befestigend: „dafs die Farben wohl von den ungleich geschwinden Erzitterungen des Lichtstoffes herrühren mögen, wie die verschiedenen Töne von der ungleichen Geschwindigkeit der Luftschwingungen." Noch näher kam Hooke der Undulationstheorie. In seiner 1665 erschienenen „Micrographia" erklärte dieser Physiker, dafs das Licht im homogenen Äther durch schnelle und kurze Vibrationen derart fortgepflanzt werde, dafs jede Vibration einer Lichtquelle in dem Medium eine sphärische Oberfläche erzeuge, die immer wachse und gröfser werde, ganz wie die ringförmigen Wellen auf dem Wasser immer gröfsere Kreise um einen Gegenstand beschreiben. In einer späteren Abhandlung Hooke's findet sich sogar die Behauptung, dafs die Richtung der Vibrationen auf der Fortpflanzungsrichtung der Wellen senkrecht stünde.

Huyghens sprach sich dagegen schon mit grofser Klarheit über die Eigenschaften des Äthers aus. In seinem „Traité de la lumière" (1690) bildet der Weltäther die Grundlage für die Theorie des Lichtes. Ausdrücklich wird von Schwingungen des Äthers gesprochen; diese Schwingungen seien die Ursache einer wellenartigen Bewegung, und treffe eine solche Welle unser Auge, so haben wir die Empfindung des Lichtes. Huyghens erklärt, dafs die Lichtwellen beim Auffallen auf undurchsichtige Flächen unter gleichen Winkeln reflektiert werden, und dafs die Fortpflanzungsrichtung der Wellen beim Übergange aus einem Mittel in ein anderes einem bestimmten Brechungsgesetze gemäfs geändert wird. Den Hauptbeweis für die Richtigkeit dieser Hypothese, die, wie man sieht, mit unserer heutigen Undulationstheorie des Lichtes übereinkommt, konnte Huyghens durch die Erklärung der Erscheinung der doppelten Brechung herstellen. Bartholinus in Kopenhagen hatte die merkwürdige Eigenschaft des isländischen Kalkspathes entdeckt, dafs ein durch klare Kristalle dieses Minerals gehender Lichtstrahl in zwei Strahlen geteilt wird, man also Gegenstände doppelt sieht. Der eine durch einen rhomboedrischen Kalkspathkristall gehende Lichtstrahl heifst der gewöhnliche Strahl, da er die gewöhnlichen Brechungsgesetze befolgt, der andere der ungewöhnliche, da für ihn besondere Regeln bestehen. Der auf die gewöhnliche

Weise gebrochene Strahl geht in jeder Richtung mit derselben Geschwindigkeit hindurch, gehört also einer Lichtwelle an, die wie bei gewöhnlicher Brechung kugelförmig ist; bei dem anderen, ungewöhnlichen Strahle ändert sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit dem Winkel, den seine Richtung gegen die optische Axe des Kristalls einschliefst; in der Richtung dieser Axe ist sie am gröfsten, in der Richtung der anderen Axen am kleinsten; also kann die dem ungewöhnlichen Strahle entsprechende Lichtwelle nicht kugelförmig sein. Bei den einaxigen, negativen Kristallen, zu denen der Kalkspath gehört, ist nun die Elastizität der Moleküle in der Richtung der optischen Axe gröfser als in jeder andern Richtung, jedoch in allen gegen diese Axe gleich geneigten Richtungen gleich grofs, und in einer darauf senkrechten Richtung am kleinsten. Von dieser Annahme, dafs beim Kalkspath die optische Dichte in der Richtung der Hauptaxe liegt, ausgehend, kann man die Erscheinung der doppelten Brechung folgendermafsen erklären: Beim Einfallen des Lichtstrahls in den Kristall geht neben der kugelförmigen Welle gleichzeitig eine ellipsoidische vom Einfallspunkte aus; die erstere stellt den gewöhnlichen Strahl, die zweite den ungewöhnlichen dar. Die Lage und Gestalt der ellipsoidischen Welle erhält man, wenn man eine Ellipse zeichnet, deren Mittelpunkt der Einfallspunkt ist, deren eine Axe, die optische, eine Gröfse hat, die sich zu der darauf senkrechten zweiten Axe so verhält, wie die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des gewöhnlichen Strahls zu der des ungewöhnlichen. Durch Beobachtung der Brechung des ungewöhnlichen Strahls wird man dazu gelangen, das Axenverhältnis der ellipsoidischen Welle zu bestimmen. Ist die Form des Ellipsoides erkannt, so ergiebt sich auch für jede Richtung der Halbmesser, daraus auch die Geschwindigkeit des Lichtes in dieser Richtung und der Brechungsexponent. Huyghens vermochte also für jede gegebene Richtung eines einfallenden Strahles sowohl die Richtung des gewöhnlichen wie des ungewöhnlichen Strahles durch blofse Konstruktion anzugeben, und die Übereinstimmung zahlreicher Messungen mit den Resultaten der Konstruktion lieferte einen ausgezeichneten Beweis, dafs die aufgestellte Theorie völlig richtig war,

Man sollte glauben, dafs die von Huyghens dargelegte Undulationstheorie den gröfsten Beifall seiner Zeitgenossen hätte finden müssen. Allein die Menschheit vermag nicht so schnell fortzuschreiten, und, wie es wissenschaftlichen Ideen auch auf anderen Gebieten ergangen ist, die Theorie des genialen Optikers fand kaum eine Beachtung; niemand ahnte, dafs die Wellenbewegung des

Äthers zu dem fruchtbarsten Hilfsmittel der ganzen Optik gemacht werden könne. Freilich lag der Mifserfolg zum Teil auch bei Huyghens selbst. Er hatte nur angenommen, dafs die Vibrationen des Äthers in der Richtung der Wellen stattfänden, und nicht, dafs die Schwingungen in allen möglichen, zur Fortpflanzungsrichtung des Strahles senkrechten Richtungen sich vollziehen. Damit verschlofs er sich die Erklärung mancher optischen Erscheinungen. Ferner überging er in seinem Werke ein wichtiges Kapitel, die Entstehung der Farben, ganz. Aber gerade auf diesem Gebiete hatte der grofse Newton bedeutende Erfolge errungen. Newton war der Erste, der nachwies, dafs das weifse Sonnenlicht sich in eine Menge farbiger Strahlen zerlegen läfst, also nur eine Mischung der Farben vorstellt, und dafs die Lage der verschiedenen farbigen Strahlen im Spektrum verschiedenen Brechungsexponenten entspricht. Diese Theorie der Farbenzerstreuung, mittelst welcher Newton mehrere wichtige optische Erscheinungen, auch die von Grimaldi entdeckte Beugung des Lichtes, zutreffend erklärte, fufst aber auf einer ganz anderen Grundlage als auf der Wellenbewegung des Äthers. Newton nahm an, dafs jeder leuchtende Körper sehr kleine Teile aussende, welche beim Auftreffen auf die Netzhaut die Empfindung des Lichtes erregen; je nach der verschiedenen Gröfse der Teilchen empfindet das Auge den Eindruck von Farbe. Am gröfsten sind die Teilchen für rot, am kleinsten für violett. Beim Übergange in ein dichteres Mittel erleiden die Teilchen durch die Attraktion der Materie eine Anziehung, bewegen sich im dichteren Mittel, also schneller als im dünnen, und werden an den Trennungsflächen der Medien mehr oder weniger, die kleinsten am meisten und die gröfsten am wenigsten, abgelenkt. Die Medien besitzen aber auch abstofsende Kraft. Durch diese anziehenden und abstofsenden Kräfte werden die ausgesandten Teilchen in Schwingungen versetzt. Diese Erklärungsart der Entstehung des Lichtes ist unter den Namen der Emissionshypothese bekannt. Es mufs nun hervorgehoben werden, dafs Newtons Entdeckung der Brechbarkeit der Farben und der Zusammensetzung des Lichtes, von der einen wie der anderen Hypothese, der Emissions- wie der Undulationstherorie, unangefochten bleibt. In der That reichen beide Hypothesen ganz gleichmäfsig zur Erklärung der einfachen, bis dahin bekannten optischen Erscheinungen aus. Newton fand also an der Huyghensschen Undulationstheorie nichts Besonderes, nicht mehr, als eben einen anderen Erklärungsversuch des Lichtes, und da er in seinen Schriften überall, wo es auf das Wesen des Lichtes ankam, eine sehr vorsichtige Haltung bewahrt

hatte und Theorien hierüber für gleichgiltig hielt, so schenkte er der Sache keine weitere Beachtung. Die Tragweite der Undulationshypothese für die Ableitung der optischen Phänomene entging ihm gänzlich, wiewohl eine gehörige Würdigung der Huyghensschen Abhandlung, die überdies 14 Jahre vor der Newtonschen Optik erschienen war, ihm sofort hätte zeigen müssen, dafs die Erscheinung der Doppelbrechung im Kalkspath durch keine andere Lichttheorie als die der Undulation einwurfsfrei dargestellt werde. Die Schüler und Nachbeter Newtons hatten selbstverständlich noch weniger Anlafs, sich der Undulationshypothese anzunehmen, und so blieb der Huyghenssche Gedanke auf eine lange Zeit hinaus, für das ganze nächste Jahrhundert, ergebnislos.

Das Verhalten Newtons ist um so merkwürdiger, als er sich an verschiedenen Stellen seiner „Prinzipien der Naturphilosophie" und der „Optik" über die Eigenschaften des Weltäthers und die Wichtigkeit dieses Mediums zur Erklärung der Dinge rückhaltlos ausspricht. Er zeigt, dafs die Existenz eines feinen, aufserordentlich elastischen Stoffes im Weltall physikalisch höchst unwahrscheinlich ist, ja er geht soweit — man kann sagen, die Bestrebungen der heutigen Physik vorahnend —, in dem Äther die Ursache der Gravitation zu vermuten. „Durch die Kraft und die Thätigkeit dieser geistigen Substanz, welche alle festen Körper durchdringt und in ihnen enthalten ist, ziehen sich die Teilchen der Körper wechselseitig in den kleinsten Entfernungen an und haften aneinander, wenn sie sich berühren. Durch sie wirken die elektrischen Körper in den gröfsten Entfernungen, sowohl um die nächsten Körperchen anzuziehen als auch um sie abzustofsen. Mittelst dieses geistigen Wesens strömt das Licht aus, wird zurückgeworfen, gebeugt, gebrochen und erwärmt die Körper. Alle Gefühle werden erregt und die Glieder der Tiere beliebig bewegt durch die Vibrationen derselben . . . ."

Der Emissionstheorie Newtons war es auch nicht beschieden, ohne weiteres in der wissenschaftlichen Welt Eingang zu finden. Die Descartesschen Wirbel beherrschten noch zu sehr die Geister; namentlich in Frankreich wurden sie lange nach Descartes gelehrt, und erst 40 Jahre nach dem ersten Erscheinen der „Prinzipien der Naturphilosophie" gewann das Newtonsche System, und zwar überwiegend in England, an Verbreitung. Aber es hätte wunderlich zugehen müssen, wenn die Schwächen der Emissionshypothese lange Zeit verborgen geblieben wären. Ihr Ansehen hatte sich, weniger durch die ihr etwa innewohnende überzeugende Kraft, als vielmehr durch das ganze

Auftreten Newtons befestigt, welches energischen Kampf der Mathematik gegen die blofse Naturphilosophie bedeutete. So sehen wir, kaum dafs Descartes und seine Anhänger in die Flucht geschlagen sind und die Emissionstheorie in England ihre Anerkennung feiert, schon Zweifler auftauchen, die das neue Gebäude von allen Seiten betrachten und an seinen Grundlagen zu rütteln versuchen. Kein geringerer als Leonhard Euler steht an der Spitze dieser Zweifler. Er macht darauf aufmerksam, dafs, wenn die Sonne unaufhörlich Lichtmaterie aussende, wie dies die Emissionshypothese verlangt, die Leuchtkraft der Sonne schon zu Ende sein müfste, dafs aber, falls die feine und überaus elastische Materie des Äthers zur Erklärung des Lichtes angenommen werde, die Sonne niemals, und wenn sie die ganze Welt erleuchte, etwas von ihrer eigenen Substanz verlieren könne. „Denn ihr Licht ist nur durch eine gewisse Bewegung, eine sehr heftige Erschütterung ihrer kleinsten Teile hervorgebracht, die sich dem Äther mitteilt und sich nach allen Seiten auf die gröfsten Entfernungen fortpflanzt, gerade so wie eine angeschlagene Glocke ihre Erschütterungen der Luft mitteilt". Er entkräftet das Bedenken Newtons, dafs ein im Weltraum vorhandener Äther der Bewegung der Planeten störend entgegen treten müsse, durch den Einwurf, dafs durch die hin und her irrenden und aufeinander prallenden Lichtströme der Emissionshypothese den Planeten eine noch viel beträchtlichere Störung erstehe. Euler leitet folgerichtig aus der Elastizität des Äthers die grofse Geschwindigkeit des Lichtes ab; die Ähnlichkeit zwischen Licht und Schall ist für ihn so ausgemacht, „dafs, wenn die Luft ebenso fein und zugleich so elastisch wäre als der Äther, die Geschwindigkeit des Schalls ebenso grofs würde, wie die Geschwindigkeit der Lichtstrahlen ist." Huyghens hatte den Versuch, die Entstehung der Farben aus der Undulationshypothese zu erklären, nicht unternommen; Euler ergänzte jetzt diese Lücke, aus welcher die Gegner Kapital geschlagen hatten. Er betont aufs bestimmteste, dafs jede einzelne Farbe an je eine gewisse Anzahl von Schwingungen des Äthers, die in einer Zeiteinheit geschehen, gebunden sei. Die rote Farbe erfordere eine andere Anzahl von Schwingungen in der Sekunde als die gelbe, diese wieder eine andere als die grüne u. s. f. Wir sehen also Euler auf dem besten Wege, die Huyghenssche Undulationshypothese wieder zu erneuern und zu begründen. Der tiefblickende Mathematiker geht aber noch weit über die Grenzen hinaus, welche die damalige Wissenschaft dem Weltäther als Erklärungsprinzip der Erscheinungen gezogen hatte. Er versucht auch, die Elektrizität und den Magnetismus

durch die Ätherhypothese zu erklären. Die Elastizität des Äthers kann nämlich nicht überall die gleiche sein, weil die verschiedenen Körper, die er durchdringt, ungleich dicht sind und gröfsere oder kleinere Poren besitzen, weshalb der Äther in einigen Körpern mehr zusammengedrückt werde als in den anderen. Der Äther sucht aber überall seinen Gleichgewichtszustand, nämlich seine gleiche Elastizität wieder herzustellen. Es kann sonach jeder Vorgang, der die Poren eines Körpers und die Elastizität des Äthers ändert, zur Quelle einer Bewegung, zur Ursache der Elektrizität werden. Die Veränderungen, welche der Bernstein oder die Siegellackstange beim Reiben, oder die Wolke beim Aufsteigen aus wärmeren Luftregionen in kältere, in ihren Poren erleiden, rufen in diesen Körpern elektrische Erscheinungen hervor. Der Magnetismus entsteht gewissermafsen durch eine „Filtrierung des Äthers". Die magnetische Materie ist viel feiner als der Ätherstoff; die Poren mancher Körper sind so klein, dafs nicht der Äther, sondern nur die magnetische Materie durch sie dringen kann. Sie sondert sich von dem Äther ab und gelangt durch eine Art wirbelnde Bewegung in solche Körper, z. B. in das Eisen. Die magnetische Anziehung ist daher ein ununterbrochener Wirbel der feinen Materie von einem Pol zum andern. Neben diesem Versuche über den Magnetismus, der stark auf die Wirbelhypothese von Descartes zurückgeht, finden wir bei Euler die allerdings noch unbestimmt gehaltene Idee, die Gravitation vom Weltäther abzuleiten. In einer nachgelassenen Schrift unternimmt er es, die Erklärung der Anziehung zweier Körper im Himmelsraum durch den Druck und die Bewegung eines die Welt erfüllenden Äthers zu geben. Der Schall entsteht, indem der Äther mit Gewalt in die Luft eindringt, deren Poren ihm bedeutenden Widerstand entgegensetzen, wodurch die Luft in ihren kleinsten Teilchen in eine schwingende Bewegung gerät.

Euler ist also, wie man aus seinen, hier nur in der Hauptsache skizzierten Ideen ersieht, bemüht, eine förmliche Theorie des Weltäthers aufzustellen. Die von Huyghens schon dem Weltäther zugeschriebenen Eigenschaften werden klarer erfafst und wichtige Schlüsse daraus für das Wesen der Erscheinungen gezogen. Obgleich noch mit mancherlei Unrichtigkeiten durchsetzt, lassen die mitgeteilten Hauptsätze der Äthertheorie auch ein anderes, und zwar hochbedeutsames Bestreben Eulers deutlich erkennen. Durch seine Theorie werden nämlich zum ersten Mal Licht, Wärme, Elektrizität und Magnetismus, und selbst die Gravitation, auf eine universelle Grundur-

sache, den Weltäther, zurückgeführt. In dem Bestreben, die Beziehungen der physikalischen Erscheinungen untereinander experimentell festzustellen und durch das Suchen nach einer gemeinsamen Ursache geistig zu verbinden, gipfelt aber erst die Arbeit der Physik unserer Tage. Wir sind erst in der neueren Zeit dazu gelangt, das Gesetz der Umwandlung der Kräfte kennen zu lernen und den Versuch zu machen, die Lehre von der Einheit der Naturkräfte zu begründen. Eulers Kühnheit, schon zu einer Zeit, in welcher die experimentellen Erfahrungen noch fehlten, nach einer gemeinsamen Wurzel der Kräfte zu suchen, ist deshalb bewunderungswürdig.

Nächst Euler war Kant bemüht, die Existenz des Äthers und die Wichtigkeit desselben für die Erklärung der Dinge darzuthun. Bei Kant waren allerdings die Gründe, durch welche er auf die Ätherhypothese zurückkam, anderer Art. In seinem uns nachgelassenen Werke „Vom Übergange von den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft zur Physik“ war er zu dem Schlusse gekommen, dafs ein „leerer“ Raum für unsere Sinne nicht fafsbar sei, vielmehr, wenn er durch die Erfahrung begriffen werden solle, mit Materie erfüllt sein müsse. Da aber nur ein Raum und eine Erfahrung existiert, so mufs auch der ganze Raum von einem continuierlichen, gleichartigen Stoffe angefüllt sein, der unserer Raumanschauung als Grundlage dient. Dieser Stoff kann, wie alle Materie, nur Objekt unserer Sinne werden, wenn er beweglich und bewegend in allen Teilen stetig bewegt ist. Dieser Äther ist von Ewigkeit her sich selbst bewegend, so dafs diese Bewegung keine ortsverändernde, vielmehr innere, stetige, weder zu vermehrende noch zu vermindernde ist. Der Äther kann sich also nur in Schwingungen äufsern. Seine Bewegungen sind überall die Quelle der bewegenden Kräfte und überall diese wieder in sich zurücknehmend. Auf Grund einer solchen Materie, die allein ursprünglich bewegende Kraft hat, und die alle anderen Kräfte in Wirksamkeit erhält, erklärt Kant dann die vier Kategorien der Eigenschaften der Materie, der Quantität, Qualität Relation und Modalität. Er findet, dafs alle Materie ponderabel (wägbar) und nur der Äther imponderabel (unwägbar) sein müsse; er erklärt das Zustandekommen der Aggregatzustände des Starren und Flüssigen, sowie ihrer Übergänge durch die bewegenden Kräfte des Äthers u. s. w. Da sein ganzes philosophisches System auf dem Satze beruht „überall im Raume ist die Materie in immerwährender Bewegung begriffen“, so ist für ihn der Äther als Grundlage des Systems eine unabweisbare Notwendigkeit, das letzte Bindeglied der logischen Schlüsse. Obwohl

durchaus philosophisch aufgefafst und durchgeführt, enthält, wie man bemerken wird, die Ätherhypothese bei Kant einen wichtigen Satz: dafs die Materie nur als ewig Bewegtes zu denken und alle Materie, starre, flüssige, wie luftförmige in immerwährender innerer Bewegung begriffen sei. Erst der Physik der neueren Zeit blieb es vorbehalten, durch die mechanische Wärmetheorie und die Gastheorie mehr und mehr zur Erkenntnis der Richtigkeit dieses wichtigen Grundsatzes zu gelangen.

(Schlufs folgt.)





Über das grofse für das astrophysikalische Observatorium zu Potsdam bestimmte Fernrohr liegen jetzt verläfsliche Angaben vor; der verdienstvolle Leiter des Instituts, Geheimrat H. C. Vogel, machte vor einiger Zeit der Preufsischen Akademie der Wissenschaften über alle bei der Ausführung des geplanten Refraktors mitwirkenden Gesichtspunkte eingehende Mitteilungen.

Seit einer Reihe von Jahren schon begegnet man in der deutschen Astronomie dem Wunsche nach einem zeitgemäfsen gröfseren Fernrohr, wie es fast alle civilisierten Staaten besitzen, und ganz besonders hatte sich für die bedeutendste unserer deutschen Sternwarten längst schon die Notwendigkeit ergeben, an Stelle des bisherigen 11-zölligen Refraktors ein wesentlich lichtstärkeres Instrument zu beschaffen, welches den Riesenfernrohren Amerikas wenigstens einigermafsen gewachsen ist. Praktisch trat man der Angelegenheit näher, seitdem durch die epochemachenden Arbeiten des glastechnischen Instituts zu Jena die Herstellung von Glasmassen, wie sie zu grofsen Objektiven von 1 m Durchmesser nötig sind, in überraschender Weise gelungen war. Die Gründe, weshalb die deutsche Astronomie trotzdem so lange auf die Erfüllung ihres berechtigten Wunsches warten mufste, sind mannigfacher Art, und aus den Etatsberatungen des Preufsischen Abgeordnetenhauses, wo der Gegenstand zu wiederholten Malen behandelt wurde, ist die Angelegenheit auch weiteren Kreisen bekannt geworden. Einmal war bei dieser Verzögerung die pekuniäre Seite von grofsem Einflufs, da eine besondere Ausgabe von einigen hunderttausend Mark immerhin ins Gewicht fällt; dann schien es aber auch notwendig, erst durch die Erfahrung zu entscheiden, ob unser nordisches Klima überhaupt für die Ausnutzung eines sehr lichtstarken Fernrohrs, wie es die Amerikaner in ihren günstig gelegenen Bergstationen mit Erfolg benutzen, genügend geeignet sei, und endlich sprach auch das Verlangen mit, den glänzenden Anlauf, den die Glastechnik im letzten Jahrzehnt genommen, erst zu einem gewissen Abschlufs kommen zu lassen. Leider haben sich die grofsen an die neuen Gläser ge-

knüpften Erwartungen nicht in vollem Umfange erfüllt. Diese fast ideal vollkommenen Objektive von so groſser Farbenreinheit, daſs selbst die Reste des sekundären Spektrums von kaum meſsbarem Betrage sind, zeigten sich gegen atmosphärische Einflüsse wenig widerstandsfähig und überzogen sich schon nach kurzer Zeit mit einer undurchdringlichen Schicht, wodurch natürlich die Brauchbarkeit des ganzen Fernrohrs in Frage gestellt wird. Bei dieser Lage der Dinge schien es ratsam, mit der Herstellung eines groſsen Fernrohrs für das Potsdamer Observatorium nicht länger zu zögern, und die Unterrichtsverwaltung bewilligte die zum Bau des Instruments nebst allen zugehörigen Nebeneinrichtungen und einer Drehkuppel nötigen Mittel. Der Objektivdurchmesser ist zu 80 cm angenommen, etwa entsprechend der Gröſse eines 32-Zöllers; das Fernrohr wird somit das gröſste in Europa sein. Neben der Rücksicht auf den allgemeinen Luftzustand der örtlichen Lage des Observatoriums behielt man bei Festsetzung des Objektivdurchmessers in erster Linie das Hauptarbeitsgebiet des Instituts, die Astrophysik, im Auge und war im speziellen darauf bedacht, ein Instrument zu konstruieren, durch welches die Arbeiten über die Bewegungen der Himmelskörper im Visionsradius, für die das Potsdamer Observatorium bahnbrechend geworden ist, erfolgreich weitergeführt werden konnten. Diese Rücksichten bedingten andererseits, das Objektiv des groſsen Refraktors für die chemisch wirksamsten und nicht für die optischen Strahlen zu achromatisieren, wie es bei den groſsen Objektiven zu Pulkowa und auf der Lick-Sternwarte der Fall ist. Die Brauchbarkeit des 30-zölligen Refraktors zu Pulkowa speziell für spektrographische Zwecke ist, wie wir durch Herrn A. Belowsky wissen, nicht sehr beträchtlich, sodaſs z. B. ein Spektrograph, der sowohl am groſsen Instrument wie auch an einem 13zölligen photographischen Refraktor benutzt werden kann, an letzterem das Spektrogramm eines Sternes 2,5. Gröſse in der Hälfte der Zeit wie am groſsen Refraktor lieferte. Versuche, die für optische Strahlen korrigierten Linsen durch Zwischenschalten von Korrektionslinsen in den Gang der Lichtstrahlen auch für die chemisch wirksamsten Strahlen zu korrigieren, sind nicht befriedigend ausgefallen. Den Plan, eine ähnliche Einrichtung auch an dem neuen Potsdamer Refraktor zu treffen, lieſs man aus verschiedenen Gründen fallen, und um nicht ganz auf den Vorteil der direkten Beobachtung verzichten zu müssen, entschloſs man sich, das groſse Instrument mit einem Leitfernrohr von derselben Brennweite zu versehen, dessen Durchmesser zu 50 cm Öffnung festgesetzt wurde, sodaſs dieses für

optische Strahlen korrigierte Fernrohr auch für sich allein als ein sehr wirksames Beobachtungsinstrument angesehen werden darf, welches „alle bisherigen Instrumente in Deutschland an Gröfse übertrifft.“

Der Umstand, dafs der grofse Refraktor ein für die chemisch wirksamsten Strahlen achromatisiertes Objektiv erhält, schliefst den weiteren Vorteil in sich, dafs trotz der Objektivöffnung von 80 cm die Länge des Rohres und damit der Durchmesser des Kuppelbaus erheblich reduziert werden kann; die Brennweite des grofsen Rohres soll nur 12 m betragen, die des kleineren Leitfernrohrs 12.5, sodafs das Verhältnis von Öffnung zu Brennweite beim Hauptfernrohr 1:15, beim Nebenfernrohr 1:25 sein wird.

Um den Einflufs der Lichtabsorption auf die für die Objektive zu wählenden Glassorten festzustellen, bedurfte es eingehender Untersuchungen, die von den Professoren Müller und Wilsing zu Potsdam ausgefürt wurden. Man hatte sich für Glasarten entschieden, welche leicht in gröfseren Scheiben fehlerfrei hergestellt werden können, und zwar für gewöhnliches Silikat-Crown mit dem spezifischen Gewicht von 2.54 und gewöhnliches Leichtflint mit dem spezifischen Gewicht von 3.21. Die Untersuchungen erstreckten sich überdies noch auf andere Glassorten, die zu den Spektralapparaten Verwendung finden sollen, und wurden im Sommer 1896 beendet. Mit Hilfe der aus diesen Beobachtungen gewonnenen Werte wurde über den Einflufs der Absorption bei verschiedenen Objektiven die nachstehende Tabelle hergeleitet, wobei die Glasdicke eines Objektivs etwa auf $^1/_6$ bis $^1/_7$ des Durchmessers angenommen werden kann. (Siehe nebenstehende Tabelle.)

Unter der Voraussetzung, dafs die Dicke des grofsen Objektivs bei 80 cm Öffnung 12 cm betragen wird, ersieht man aus vorstehender Tafel, dafs bei den optischen Strahlen allein durch Absorption 18 pCt. des auffallenden Lichtes verloren gehen, bei den chemisch wirksamsten 40 pCt., durch Absorption und Reflexion zusammen bei den letzten Strahlen sogar 51 pCt.; es wird also nur etwa die Hälfte des auffallenden Lichtes zur Wirkung gelangen. Mit zunehmender Dicke des Objektivs und damit im Zusammenhang mit zunehmendem Objektivdurchmesser verschlechtern sich die Verhältnisse wesentlich; bei einer Dicke von 20 cm, etwa entsprechend der gröfsten Linse, welche bisher gegossen worden ist, wächst der Lichtverlust durch Absorption und Reflexion bereits auf 65 pCt. für die chemisch wirksamsten Strahlen, und bei einem Objektiv von etwa 2 m im Durchmesser würde sich die Intensität des durchgehenden Lichtes zu der des auffallenden verhalten bei den optischen Strahlen wie 52:100,

Dicke des Objektivs in cm	Intensität des durchgehenden Lichtes in Einheiten des auffallenden			
	mit Berücksichtigung der Absorption allein		mit Berücksichtung von Absorption und Reflexion	
	optische Strahlen	chemisch wirksamste Strahlen	optische Strahlen	chemisch wirksamste Strahlen
4	0,93	0,84	0,77	0,69
6	0,90	0,77	0,75	0,63
8	0,87	0,71	0,72	0,58
10	0,84	0,65	0,70	0,53
12	0,82	0,60	0.67	0,49
14	0,79	0,55	0,65	0,45
16	0,76	0,50	0,63	0,41
18	0,74	0,46	0,61	0,38
20	0,71	0,43	0,59	0,35
22	0,69	0,39	0,57	0,32
24	0,67	0,36	0,55	0,29
26	0,65	0,33	0,53	0,27
28	0,62	0,30	0,52	0,25
30	0,60	0,28	0,50	0,23
32	0,58	0,25	0,48	0,21
34	0,56	0,23	0.47	0,19
36	0,55	0,21	0,45	0,18
38	0,53	0,20	0,44	0,16
40	0,51	0,18	0,42	0,15

bei den chemisch wirksamsten Strahlen wie 25:100, sodafs $^3/_4$ des auffallenden Lichtes hierbei verloren gingen.

Interessant ist in der Vogelschen Abhandlung*) noch der Nachweis, dafs durch Vergröfserung des Objektivs auf 100 cm Durchmesser nur etwa 0,3 bis 0,4 Sterngröfsenklassen gewonnen werden könnten, ein Gewinn, der zu den erheblich gröfseren Kosten in keinem angemessenen Verhältnis stehen dürfte. Im Vergleich zu den bisherigen besten Hilfsmitteln des Instituts wird das neue Fernrohr bei der Bestimmung der Bewegung der Sterne im Visionsradius das gegenwärtige Arbeitsgebiet um etwa 2 Gröfsenklassen erweitern, und die Zahl der Sterne, welche mit derselben Genauigkeit wie früher auf Bewegung untersucht werden können, steigert sich dadurch um das Achtfache. Z.

*) Sitzungsbericht der Königl. Preufs. Akad. 1896, p. 1219.

Aus der Spektralforschung.

Es ist mit der Erforschung der Spektren der Himmelskörper gegangen wie mit vielen anderen Gebieten des wissenschaftlichen Fortschritts. Die von einigen genialen Entdeckern aufgefundenen glänzenden Thatsachen machten die systematische Untersuchung aller Details, welche diese Forschung liefern kann, notwendig. Nur so konnten alle jene Besonderheiten, alle interessanten Abweichungen von der Regel erkannt werden, die den Stimulus zu geistreichen Hypothesen enthielten. Von dem Gesichtspunkte dieser Hypothesen aus kann das Material dann noch einmal gesichtet werden; es ist aber in ihnen auch der Antrieb zu anderer experimenteller und beobachtender Thätigkeit der Forscher enthalten. Nur vor dem eindringendsten Fleifse der Beobachter weicht schliefslich jene Unsicherheit der Schlüsse zurück, welche den Laien Mifstrauen gegen die ganze Wissenschaft einzuflöfsen pflegt.[1])

[1]) So sagt Prof. Mendenhall in einem „Über die Unsicherheit von Schlüssen" betitelten Vortrage, den er 1892 in der physikalischen Gesellschaft zu Washington gehalten hat: „Die Genauigkeit der früheren astronomischen Schlufsfolgerungen ging nicht daraus hervor, dafs die Logik des Astronomen einfacher war als die irgend eines Forschers auf einem anderen Gebiete der Wissenschaft, sondern vielmehr aus der gröfseren Einfachheit der Prämissen; in der That betreffen sie nur eine Eigenschaft des Stoffes, nämlich seine Anziehungskraft. Aber innerhalb der letzten 25 Jahre hat die glänzende Entdeckung der Spektralwissenschaft, unterstützt durch grofse Verbesserungen in der Photographie, eine neue Astronomie, die zum Unterschiede von der Gravitations-Astronomie als physische bekannt ist, hervorgebracht. Die neue Wissenschaft behandelt einen Stoff von vielen Eigenschaften, von denen einige nur wenig verstanden sind. Während ihre Schlüsse von vitaler Wichtigkeit und bedeutendem Interesse sind, gehen sie aus Deduktionen hervor, in denen die Prämissen unzulänglich und verhältnismäfsig unsicher sind. Die neue Astronomie mufs sich lange Zeit hindurch in vielen Widersprüchen und Kontroversen bewegen, bis wir, und zwar gerade durch ihre Entwickelung, eine Kenntnis der Eigenschaften der Materie besitzen werden, bei denen dieselbe Bedingungen unterworfen sein wird, die enorm von denjenigen, mit denen wir jetzt ganz vertraut sind, abweichen. Daraus, dafs ein Astronom erklärt, dafs die Sonne eine Temperatur von 10000° C. und ein anderer ebenso ehrlicher und fähiger sagt, dafs sie nicht weniger als 10 000 000° C. warm ist, darf man nicht schliefsen — und das geschieht auch nur von Oberflächlichen —, dafs die ganze Wissenschaft von der Sonnenenergie nur ein Gewebe von Unrichtigkeiten ist, und dafs die an ihrer Entwickelung Beteiligten planmäfsig das Laienpublikum betrügen. Selbst so weit von einander abweichende Resultate, wie diese, können auf völlig korrekten Beobachtungen und über alle Kritik erhabenen Versuchen beruhen. Die Erörterung der durch Beobachtung und Versuch erhaltenen Resultate kann in beiden Fällen gerade den besten Mustern folgen, und doch können die Schlüsse fehlerhaft und einander widersprechend sein infolge der Unzulänglichkeit der Anfangsdaten." Observatory No. 251 (März 1897) S. 144.

Die grofsartigste planmäfsige Durchforschung aller bei Sternspektren möglichen Details ist von E. C. Pickering, dem Leiter des Observatoriums zu Cambridge in Nord-Amerika, ins Werk gesetzt worden, indem er die Spektren aller seinen gewaltigen Hilfsmitteln zugänglichen Sterne photographisch registrierte und diese Arbeit, nachdem sie für den nördlichen Himmel gethan war, auf der Filiale seiner Sternwarte zu Arequipa in Peru auch für die südlichen Sterne vervollständigte. Von den beiläufigen Ergebnissen, welche die nachfolgende Prüfung der aufgenommenen Platten geliefert hat, sind eine Anzahl in dieser Zeitschrift besprochen worden.[2]) Einige neuere Resultate mögen hier Erwähnung finden. Sie sind den scharfen Augen derselben Mrs. Fleming zu verdanken, deren geschultem Blick schon manche bedeutende Thatsache ihre Entdeckung zuzuschreiben hat. Auf einigen von den in Arequipa aufgenommenen Photogrammen aus dem Sternbilde des Centauren fand sie einen neuen Stern, der auf fünf von 1889 bis zum 14. Juni 1895 hergestellten Platten fehlte. Er war am 8. und 10. Juli 1895 von der 7,2. Gröfse und bis zum Dezember 1895 zur 11. Gröfse herabgedunkelt. Die Besonderheit seines Spektrums am 18. Juli war es, welche die Aufmerksamkeit auf ihn hinlenkte, denn es glich demjenigen eines in der Nähe der grofsen Kapwolke gelegenen Nebelflecks und eines ausgezeichneten Sternes (der No. 20937 des Kataloges der Astronomischen Gesellschaft). Das Spektrum konnte am 19. Dezember noch direkt ohne Zuhilfenahme der Photographie untersucht werden: Es erwies sich als monochromatisch. Die Natur der „neuen" Sterne ist bei Gelegenheit der Entdeckung im Fuhrmann in unserer Zeitschrift (Bd. IV) ausführlich behandelt worden, so dafs wir eines Eingehens darauf hier entraten können. Freilich ist Campbell, der den Stern in der Lick-Sternwarte beobachtete, der Ansicht, dafs sein Spektrum nicht dasjenige eines Nebels sei, und man in Cambridge Nebel und Stern verwechselt habe. Das Spektrum der Nova ist jedenfalls ein ganz besonderes, da es seine maximale Lichtstärke im Gelbgrün hat, im Grünblau aber sehr schwach ist, während das Blau überraschend stark ist. Jedenfalls weicht das Spektrum von demjenigen aller neuerdings beobachteten neuen Sterne beträchtlich ab und kommt dem 1885 im Andromeda-Nebel erschienenen noch am nächsten. Sodann wurden zwei von jenen merkwürdigen Doppelsternsystemen entdeckt, welche ihr wissenschaftliches Dasein überhaupt der Spektralwissenschaft verdanken, weil sie so eng aneinander stehen, dafs sie kein noch so

[2]) Vergl. z. B. H. u. E. Bd. VI S. 142.

scharfes Fernrohr zu trennen vermag. Der eine Stern liegt im Skorpion, er ist ein Stern vom ersten Spektraltypus mit den charakteristischen Linien der Orionsterne. Seine Teile rollen in einer Kreisbahn und zwar in 2082,5 Minuten um den gemeinsamen Schwerpunkt. Der andere Stern, der eine Umlaufszeit von 4486 Minuten hat, kommt dadurch dem Stern β im Fuhrmann nahe, von dem, wie von dem Sterne Mizar, die Doppelnatur seit einigen Jahren aus der Verdoppelung der Spektrallinien erkannt ist. Nur bei Mizar ist die Umlaufszeit erheblich länger, nämlich ungefähr 52 Tage. Beim Algol und Spica, wie bei Castor (Belopolski) und Atair (Deslandres) ist die eine der Komponenten dunkel, und daher keine Verdoppelung, wohl aber eine zweiseitige Verschiebung der Spektrallinien wahrnehmbar. Alle Sterne vom Algoltypus sind wahrscheinlich solche engen Doppelsterne, und wahrscheinlich sind es auch die Veränderlichen, die sich wie β in der Leier und μ im Cepheus verhalten.

Unstreitig das gewichtigste Ergebnis hat der Stern ζ im Hinterteil des Schiffes geliefert, der in der Milchstrafse am südlichen Himmel als Stern zweiter Gröfse leuchtet.[3] Das farbige Band seines Spektrums wird von drei Liniensystemen durchquert, nämlich von dunklen Wasserstofflinien mit der K-Linie, von zwei hellen Linien, die mit zwei charakteristischen Linien der Sterne vom 5. Typus identisch sein können, und schliefslich von einer Reihe von sechs Linien, die bisher noch bei keinem uns bekannten Elemente gefunden wurden, wohl aber — wie Mifs A. J. Cannon fand — in dem Spektrum des Sternes 29 im grofsen Hunde, der nicht gar weit von dem fraglichen Sterne absteht. Hier konnten freilich nur von zwei Linien die Wellenlängen gemessen werden, bei ζ Puppis — wie gesagt — von sechs. Und diese Reihe bietet nun höchst sonderbare Eigenschaften.

Die Linien, aus welchen die Spektren der Elemente sich zusammensetzen, sind nämlich, wie Balmer und dann Kayser und Runge gefunden haben,[4] einer markanten Gesetzmäfsigkeit unterworfen. Man kann alle Wellenlängen, die im Spektrum eines Elementes auftreten, aus einer einfachen Formel berechnen. Im allgemeinen haben die Elemente eine doppelte oder dreifache Reihe von Linien; nur vom Wasserstoff und vom Lithium — den Elementen mit den geringsten Atomgewichten — war bisher nur eine einfache Reihe bekannt. Drei Reihen sind bei allen Alkalimetallen aufser dem Lithium nachgewiesen, nämlich erstens eine Reihe von Doppellinien, die immer enger

[3] Vergl. Astrophys. Journal V. Febr. 1897 S. 92 ff.
[4] H. u. E. Bd. VI S. 334 ff.

werden, je mehr sie sich dem brechbaren Ende des Spektrums nähern, und zweitens eine sogenannte Hauptreihe, deren Linien aber weit höher im Ultraviolet liegen, und zwar desto höher, je geringer ihr Atomgewicht ist. Da die Hauptreihe gemeiniglich die hellsten unter den Linien des gesamten Spektrums enthält, und für den Wasserstoff bisher eben nur eine Reihe bekannt war, so hielt man diese für die Hauptreihe und nahm an, dafs die anderen Linien zu schwach seien, um wahrgenommen zu werden. Aber das war schon deshalb sehr unwahrscheinlich, weil ja der Wasserstoff nach dem eben Ausgesprochenen seine Hauptreihe in den äufsersten Teilen des Ultraviolet haben müfste, welche bisher nur von Schumann photographiert, im übrigen aber terra incognita sind. Es zeigt sich nun nach Prof. Kayser in Bonn, dafs die neue Reihe von sechs neuen Linien mit der alten Wasserstoffreihe zusammen gerade eine solche Doppelreihe giebt, wie sie aus der Balmerschen Formel entspringt, und dafs sie in der That die Eigenschaft hat, dafs nach einem bestimmten Punkte des Spektrums hin die Paare immer enger werden. Man hat also ohne Zweifel hier eine neue Reihe von Wasserstofflinien gefunden, und es entsteht nur die Frage, warum dieselbe bisher unbekannt gewesen und eben nur bei jenen beiden südlichen Sternen nachweisbar ist. Die Antwort lautet einfach, dafs der Wasserstoff sich hier in Druck- und Temperaturbedingungen befindet, die uns bisher unbekannt waren, die auf den meisten Sternen nicht vorhanden, geschweige denn in den Geislerschen Röhren unserer Laboratorien hervorzubringen sind.

Hier haben wir sicher ein schönes Resultat der geistreichen Spekulationen, welche die systematische Erforschung der Spektrallinien zur Grundlage hat. Ermöglicht waren dieselben nur durch eine auf die Spitze getriebene Genauigkeit bei der Ausmessung der Positionen dieser Linien, insbesondere im Spektrum der Sonne, wo sie ja am schärfsten sind. Seit Jahren ist Prof. Rowland von der John Hopkins-Universität in Baltimore an der Arbeit, mit seinen feinen, auf eigens dazu erfundenen Maschinen angefertigten Glasgittern das Sonnenspektrum photographisch zu entwerfen und auszumessen, und vor zwei Jahren hat er mit der Publikation seiner an Schärfe den früheren Arbeiten von Thalèn, Angström und anderen bedeutend überlegenen Ergebnissen begonnen. Vom Ultraviolet bis zum Ende des sichtbaren Spektrums im Rot liegen die Messungen vollständig vor, während der brechbarste Teil des Spektrums noch nicht völlig ausgemessen und berechnet ist. Er giebt die ausge-

messenen Wellenlängen bis auf die siebente giltige Stelle, d. h. auf Zehntausendmilliontel des Millimeters an, ohne dabei Fehler von mehr als ein paar dieser Einheiten zu machen, von denen uns jede Vorstellung mangelt, die sich zur Länge eines Millimeters verhalten, wie dieses zur Länge eines Erdquadranten, oder wie sich ein Drittel des Erdquadranten zur Entfernung des nächsten Fixsterns verhält. Dieser Katalog enthält bisher 16000 Linien, deren Wellenlängen L. E. Jewell auf den von Rowland aufgenommenen Platten ausgemessen hat, und sie sind so reduziert, wie sie in Luft von 20° C. bei 750 mm Barometerstand erscheinen würden. Auch sind die Intensitäten der Linien des Spektrums mit Zahlen von 1 bis 1000 bezeichnet. Mit Hilfe seiner Laboratoriumversuche ist es Prof. Rowland ferner gelungen, eine Reihe von Elementen als auf der Sonne vorhanden nachzuweisen, von denen dies bisher noch nicht bekannt war, indem er die Spektren aller bekannten Elemente photographierte. Mit der Ausmessung dieser Platten ist erst begonnen worden. Die Vergleichung derselben mit den vom Sonnenspektrum entworfenen verspricht manche interessanten Resultate zu liefern. Der Wert, den die beiden grofsen amerikanischen Unternehmungen der Wissenschaft noch zu leisten versprechen, läfst sich nicht taxieren. In Europa sind ebenfalls systematische und Einzeluntersuchungen von nicht geringem Werte gemacht worden, über die zu referieren wir uns vorbehalten müssen. Sm.



Ein fossiler Wald in der Mark.

Nicht geringes wissenschaftliches Interesse bietet das Senftenberger Braunkohlenrevier in der Niederlausitz, das von Berlin aus in wenigen Stunden erreichbar ist. Dieses der Tertiärformation (Miozänzeit) angehörende Kohlenflötz umfafst ein Areal von ungefähr einer Quadratmeile, besitzt eine Mächtigkeit von rund 10—20 Metern und ist an zahlreichen Stellen, wo die Sand- und Thonbedeckung nicht allzu tief reicht, durch zahlreiche Tagesbauten aufgeschlossen worden. Unter diesen weisen namentlich die Gruben Ilse, Victoria, Maria Nordwestfeld in der Nähe von Grofs-Räschen, sowie die Grube Clara bei Welzow interessante geologische Erscheinungen auf, die den Besuch sehr lohnenswert machen. Der Karbonisierungsprozefs der vorweltlichen Wälder läfst sich in diesen Gruben nicht nur deutlich verfolgen, sondern man findet daselbst auch die handgreiflichsten Beweise, dafs die Flötzbildungen ausschliefslich einer an Ort und Stelle er-

standenen Vegetation zuzuschreiben und nicht etwa im Sinne der Treibholztheorie durch Anschwemmungen entstanden sind. An der Decke sowie an der Sohle des Flötzes sind überall durch den Abbau zahlreiche Baumstümpfe blossgelegt worden, die in Entfernungen von einander stehen, wie sie der Kampf ums Dasein in einem Urwalde schafft. Und neben diesen festgewurzelten Baumriesen finden sich ebenso häufig abgebrochene Stämme, die in mehreren Etagen über einander liegen und gelegentlich eine Länge von über zwanzig Metern erreichen. Soweit anatomische Untersuchungen der Stümpfe und Horizontal-Stämme vorliegen, zeigte sich die Zugehörigkeit der meisten zu Taxodium distichum, einer Sumpfcypressenart, die noch jetzt die sogenannten „Swamps", d. h. die meilenweiten, sumpfigen Ebenen bedeckt, welche die Ufersäume der Ströme im südlichen Nordamerika begleiten.

Unser Titelbild, das einer Sammlung vorzüglicher Aufnahmen entstammt, die Herr Photograph Ziesler in Berlin von den Tagebauten der Braunkohlengruben bei Grofs-Räschen in der Niederlausitz hergestellt hat, zeigt an der Sohle des Baues eine Reihe noch bewurzelter Taxodiumstümpfe, die für die Briquettierung nicht verwertbar sind und deshalb beim Abbau stehen blieben, um später mit dem „Abraum", d. h. mit dem Sand- und Thonmaterial der Flötzdecke wieder verschüttet zu werden.

Die meisten der Taxodiumstümpfe sind hohl oder enthalten als Ausfüllungsmasse eine sehr harzreiche Kohle, die sogenannte Schwefelkohle. So liefert denn unser märkischer fossiler Wald den besten Beweis, dafs die Kohlenbildung der Miozänzeit in Waldmooren erfolgt ist, die eine auffällige Ähnlichkeit mit den jetzigen nordamerikanischen Cypressensümpfen darbieten. Schw.





Dr. Konrad Keilhack. Lehrbuch der praktischen Geologie. Arbeits- und Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Geologie, Mineralogie und Paläontologie. Mit 2 Doppeltafeln und 232 Figuren im Text. Stuttgart 1896. Ferdinand Enke. XVI und 638 S. gr. 8°.

Zu einer Zeit, wo zahlreiche Kräfte eifrig bemüht sind, die Zusammensetzung, den Aufbau und die Entwicklungsgeschichte unserer Erde zu ergründen, aber auch die Schätze ihr abzuringen, die sie in ihrem Schofse birgt, mufs ein Buch wie das vorliegende mit Freuden begrüfst werden. Gerade in der Geologie geht die Praxis über alles. Bisher lernte sie einer vom anderen fast ausschliefslich im persönlichen Verkehr. Aber diese Praxis ist mit der Zeit so vielseitig geworden, dafs selbst denen, die im Anschlufs an kollegialische Fachkreise sich fortwährend Rat holen könnten, eine solche kompendiöse Zusammenstellung höchst erwünscht sein mufs. Noch viel mehr wird denen aber geholfen sein, die abseits leben, der grofsen Zahl von Lokalgeologen, denen die Wissenschaft für die geologische Durchforschung ihrer Heimat dankbar ist, den Angehörigen anderer Berufszweige. Sie alle finden an Keilhack einen treuen Ratgeber, dem eine langjährige Thätigkeit als preufsischer Landesgeologe und als unermüdlicher geologischer Reisender aus einem reichen Erfahrungskreise zu schöpfen erlaubt. Eine so umfassende Anleitung zu den Arbeits- und Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Geologie, Mineralogie und Paläontologie gab es bis jetzt in keiner Sprache. Das Buch berücksichtigt in gleicher Weise die Arbeiten nicht nur im Felde, sondern auch im Hause. Es lehrt, richtig geologisch in der Natur zu beobachten, zu untersuchen, zu kartieren, zu sammeln, daheim zu präparieren und zu konservieren, was der Rucksack barg. Der rein wissenschaftliche Standpunkt des Petrographen und Paläontologen ist hierbei in gleicher Weise berücksichtigt, wie der utilitarische des Praktikers, dessen Ziel lediglich die Aufsuchung und Nutzbarmachung verwertbarer Lagerstätten ist, der sich mit der Erschliefsung neuer Quellen oder mit der agronomischen Wertschätzung und Verbesserung des Ackerbodens beschäftigt. Das Buch hat schon jetzt so grofse Verbreitung erlangt, dafs es kaum einer besonderen Empfehlung bedarf.

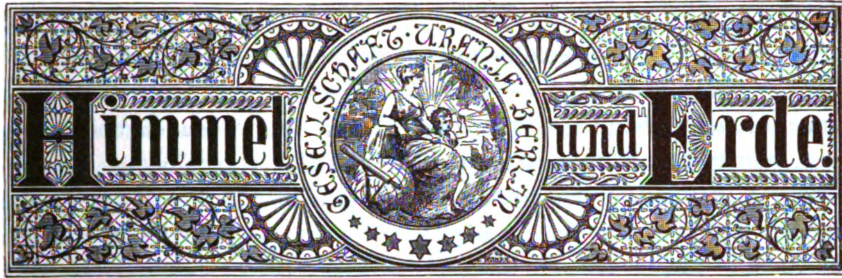
Dr. R. Beck.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Photographische Aufnahme des Kometen Rordame-Quénisset.
Von W. G. Hussey. 13. Juli 1893, 9h 10m — 10h 20m exp.



Die Kritik der Sinneswahrnehmungen bei astronomischen Messungen.

Von **Dr. Adolf Marcuse,**
Privatdozent an der Universität zu Berlin.

Die Astronomie beschäftigt sich in spekulativer und beobachtender Weise nicht nur mit den Bewegungen, sondern auch mit der physischen Beschaffenheit der Himmelskörper, einschliefslich unserer Erde. Sie hat daher, wie bekannt, innige Berührungspunkte mit fast allen Gebieten der exakten und zum Teil auch der beschreibenden Naturwissenschaften. Ferner spielen bei sämtlichen astronomischen Messungen neben den Instrumenten die Beobachter selbst, also die menschlichen Sinneswahrnehmungen eine wichtige Rolle, so dafs die Astronomie in dieser Hinsicht sogar mit der medizinischen Wissenschaft in enger Berührung steht.

Die folgenden Betrachtungen, welche allerdings nur schematisch die Umrisse einer Kritik der Sinneswahrnehmungen bei astronomischen Messungen skizzieren, können daher sehr wohl als ein Kapitel aus der medizinischen Astronomie oder vielleicht besser der astronomischen Physiologie bezeichnet werden.

Das Sprichwort „Schnell wie der Gedanke" harmoniert schon lange nicht mehr mit unseren Kenntnissen über die Empfindungs- und Denkvorgänge im menschlichen Körper. Nach den grundlegenden Untersuchungen von Helmholtz und Du Bois-Reymond beträgt die Geschwindigkeit, mit welcher ein Reiz in den normalen Nerven des Menschen sich fortpflanzt, weit entfernt mit der Schnelligkeit des elektrischen Stromes vergleichbar zu sein, nur etwa den neunten Teil der Schallgeschwindigkeit, also ungefähr 33 m in der Sekunde. Dieses Ergebnis gilt ziemlich übereinstimmend für die Bewegungs- oder mo-

torischen und für die Empfindungs- oder sensibeln Nervenfasern. Die Wahrnehmung von Raum- und Zeitunterschieden mittelst unserer Sinne ohne Anwendung künstlicher Hilfsmittel, ist daher keine sehr feine, namentlich dann nicht, wenn gleichzeitig verschiedene Nervenfasern dabei in Betracht kommen. Im günstigsten Falle werden die unteren Grenzen für unsere direkte Sinneswahrnehmung etwa durch das Zehntel Millimeter und die Zehntel Zeitsekunde bezeichnet.

Blitzt an derselben Stelle des Gesichtsfeldes zweimal hinter einander ein und dieselbe Lichterscheinung auf, so erkennt das Auge sie noch als doppelt, wenn die Zwischenzeit ungefähr $^1/_{10}$ Sekunde beträgt; ist dieselbe kleiner, dann verschmelzen beide Erscheinungen in eine, wie z. B. der schnell rotierende Farbenkreisel beweist. Etwa dieselbe Grenze wie beim Auge gilt für das Ohr, welches im allgemeinen nur dann schnell auf einander folgende Stöfse getrennt aufzufassen vermag, wenn ihre Zwischenzeiten nicht wesentlich unter $^1/_{10}$ Sekunde heruntergehen.

Sollen kleinere Raum- und Zeitunterschiede mit Sicherheit beobachtet oder gar gemessen werden, so müssen künstliche Hilfsmittel zur Anwendung kommen. Im ersteren Falle tritt das Mikroskop helfend ein, welches gestattet, Längenmessungen bis auf den 10000ten Teil des Millimeters genau auszuführen, und dem menschlichen Auge dadurch eine früher nicht einmal geahnte mikrokosmische Welt erschlofs, in ihren Bewegungsgesetzen wohl vergleichbar mit dem durch das Fernrohr der Sinneswahrnehmung zugänglich gemachten Universum.

Für die „Mikroskopie der Zeit“, welche die des Raumes bei weitem überflügelt hat, sind gleichfalls besonders sinnreiche Apparate konstruiert worden, welche im wesentlichen auf dem Prinzip beruhen, durch schnelle Rotation eines mit elektrischen Markierungen versehenen Cylinders Zeitdifferenzen in Raumunterschiede zu verwandeln. Diese zuerst für militärische Zwecke, zur Bestimmung der Geschwindigkeiten von Geschützkugeln verbesserten Apparate, gestatten sogar, den 30000sten Teil einer Sekunde zu messen.

Es giebt daher Untersuchungsmethoden, welche unendlich feinere Bestimmungen auszuführen erlauben als das menschliche Bewufstsein, und es lag deshalb nahe, nunmehr auch die Sinneswahrnehmungen selbst auf ihre Fehler hin kritisch zu untersuchen, um letztere zu bestimmen oder im Verlaufe der Beobachtungen möglichst unschädlich zu machen. An dieser schönen aber schwierigen Aufgabe, deren Lösung noch immer im Anfangsstadium sich befindet, haben in den

letzten vier Jahrzehnten Physiologie und Astronomie gemeinschaftlich gearbeitet.

Bei astronomischen Messungen spielen die Sinneswahrnehmungen durch Auge, Ohr und Tastsinn eine wesentliche Rolle. Es ist daher zunächst von Wichtigkeit gewesen, die physiologische Zeit für diese verschiedenen Sinne festzustellen. Diese Zeit umfafst drei, nur äufserst schwer zu trennende Elemente:

1. die Übermittelung der Empfindung zum Gehirn,
2. die Umsetzung derselben im Gehirn in einen Willensakt und
3. die Übermittelung dieses Willensaktes zu den motorischen Nerven, sowie die Ausführung der Bewegung durch die Muskeln.

Diese eigenartigen und interessanten Vorgänge im Nerven- und Muskel-Apparat lassen sich nach Helmholtz am besten vielleicht durch Modernisieren der Worte des Römers Menenius Agrippa allgemein verständlich machen, der die hungernden und revoltierenden Plebejer bekanntlich durch eine kluge Vergleichung des Staates mit dem menschlichen Körper zu beschwichtigen wufste. Die Nervenfäden können passend mit elektrischen Telegraphendrähten verglichen werden, welche sofort jede Nachricht von den äufsersten Grenzen her dem regierenden Centrum zuführen und dann die Willensmeinung des letzteren nach jedem einzelnen Teile des Ganzen zum Zweck der Ausführung zurückbringen.

Nach eingehenden Untersuchungen, besonders von Hirsch[1]) in Neuchâtel, an einer gröfseren Zahl von Personen und mit Hilfe des elektrischen Chronographen liegt die physiologische Zeit, entsprechend einem Hin- und Hergange in den Nervenfasern, für alle drei Sinneswahrnehmungen zwischen $^1/_6$ und $^1/_4$ Sekunde, wobei die Regelmäfsigkeit, mit welcher Auge und Tastsinn arbeiten, nicht unwesentlich diejenige für das Gehör übertrifft. Diese Zahlen variieren nicht nur von Person zu Person, sondern sie sind sogar für ein und dasselbe Individuum, je nach dessen Disposition, in ziemlich weiten Grenzen veränderlich.

Im allgemeinen wird man es daher mit zwei, im Prinzip nur unwesentlich verschiedenen Gattungen von Fehlern der Sinneswahrnehmung zu thun haben. Einmal mufs jeder Beobachter einen absoluten persönlichen Fehler haben, welcher aus dem Unterschiede zwischen dem Moment des Stattfindens und demjenigen der Wahr-

[1]) Hirsch, L'équation personelle, Neuchâtel 1864.

nehmung einer Erscheinung gebildet wird. Dieser Fehler, sonst auch die absolute persönliche Gleichung genannt, soll im folgenden als persönliche Korrektion bezeichnet werden. Zweitens hat man es mit einer persönlichen Gleichung schlechthin, d. h. mit Unterschieden der Auffassungen zwischen verschiedenen Beobachtern zu thun. Diese weiterhin nur als persönliche Gleichungen zu bezeichnenden Fehler sind in der Astronomie von der allergröfsten Bedeutung geworden. —

Aber der „Gedanke" ist nicht nur, wie vorher erwähnt, nie „schnell", sondern er ist sogar selten ganz richtig oder objektiv. Es gesellt sich daher zu den soeben erwähnten beiden Fehlererscheinungen noch eine nahverwandte dritte Klasse derselben, die subjektiven Täuschungen, welche für den geübten Beobachter oft unschwer sich erkennen lassen, manchmal jedoch so subtiler Natur sein können, dafs ihr wahrer Charakter erst nach besonders scharfsinniger Prüfung zu Tage tritt.

Mit dieser Gruppe von Fehlern der Sinneswahrnehmungen, also mit den subjektiven Täuschungen, mögen nunmehr unsere speziellen Betrachtungen beginnen.

Besonders in gröfseren Fernrohren entstehen nicht selten beim Betrachten heller Himmelsobjekte störende Reflexbilder, welche einen Planeten satellitenförmig, einen glänzenden Fixstern punktartig täuschend begleiten. Ein geübter Astronom wird diese durch falsche Spiegelung an den hinteren Glasflächen der Linsen oder etwa auch im Auge selbst entstandenen scheinbaren Objekte unschwer erkennen.

Bei der Betrachtung von Doppelstern-Systemen, deren eine Komponente farbig ist, erscheint auch der zweite Stern häufig gefärbt, wenn er selbst in Wirklichkeit weifses Licht hat. Nach dem Gesetz von den komplementären Farben bedingt z. B. ein roter Stern die grüne Farbe seines Begleiters, ein gelber die blaue. Nur spektralphotographische Untersuchungen der betreffenden Sterne werden im allgemeinen richtigen Aufschlufs über die Farbe geben können.

Aufser solchen gröberen Täuschungen der Sinneswahrnehmung giebt es zahlreiche zartere Störungen, deren Nachweis nicht ganz so leicht gewesen ist.

Da sind zunächst die durch excentrische Beleuchtung des Gesichtsfeldes und der Fäden im Fernrohr entstehenden, ziemlich erheblichen Messungsfehler zu nennen, die selbst das normale Auge des Beobachters begehen kann. In der neueren astronomischen Technik hat man diesem Übelstande durch geeignete Anbringung

eines ganz kleinen Silberspiegels in der Mitte der Objektivlinse abgeholfen.

Ferner können die mikrometrischen Ausmessungen im Fernrohr wie im mikrometrischen Mefsapparat, falls das Auge des Beobachters mit Astigmatismus behaftet ist, nicht unerheblich gefälscht werden. Astigmatismus entsteht, wenn die brechenden Flächen des Auges eine Abweichung von der Augenform zeigen, und dadurch die Strahlenbrechung in den verschiedenen Meridianen ein und desselben Auges verschieden ausfällt. Auf diese Weise können z. B. an und für sich gleiche Distanzen, je nachdem sie in senkrechter oder vertikaler Richtung gemessen werden, erheblich verschieden ausfallen. In der Regel lassen sich derartige astigmatische Störungen des Auges durch Benutzung von geeigneten Cylinderbrillen aufheben.

In allerneuester Zeit ist es dem ausgezeichneten Forscher Seeliger in München gelungen, eine zunächst ganz heterogene Erscheinung, nämlich die Vergröfserung des Erdschattens bei totalen Mondfinsternissen, gleichfalls als physiologisch-optische Täuschung zu erklären. Schon lange weifs man, dafs bei Mondfinsternissen der Kernschatten der Erde nicht unwesentlich gröfser erscheint, als er den Dimensionen unseres Planeten entsprechend anzunehmen ist. Die wirkliche Verfinsterung des Mondes dauert daher länger als die vorausberechnete. Bereits in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts hat der deutsche Astronom Tobias Mayer den sogenannten Vergröfserungsfaktor bestimmt, der an die Mondbreiten angebracht werden mufs. Derselbe ist dann neuerdings von Hartmann genauer ermittelt und in den astronomischen Ephemeriden den Daten zur Vorausberechnung der Mondfinsternisse bisher überall beigefügt worden. Man war allgemein geneigt, in Ermangelung einer befriedigenden Erklärung für dieses Phänomen, jene Vergrösferung des Schattens einer besonderen Wirkung der Erdatmosphäre zuzuschreiben. Seeliger hat nun durch scharfsinnige Betrachtungen, an der Hand origineller Experimente mit rotierenden Scheiben, welche bis auf einen kleinen weifsen Sektor geschwärzt waren und entsprechend dem Vorgange bei der Mondfinsternis beleuchtet wurden, nachgewiesen, dafs die Vergröfserung des Kernschattens eine Folge eigenartiger optisch-physiologischer Täuschungen sei. Es gelang ihm dabei, im Laboratorium dieselben Erscheinungen sogar in ähnlichen relativen Dimensionen herzustellen, wie sie bei den Mondfinsternissen am Himmel wahrgenommen werden.

Bei Gelegenheit der Beobachtungen der Vorübergänge der

Venus vor der Sonnenscheibe, welche noch bis vor kurzem zur sicheren Ermittelung der Entfernung Sonne — Erde, also unseres planetarischen Mafsstabes, am geeignetsten erschienen, wurden bereits die Astronomen des vorigen Jahrhunderts durch eine eigentümliche optisch-physiologische Erscheinung unangenehm überrascht und verwirrt. Es zeigte sich nämlich bei den Momenten der inneren Berührung von Venus und Sonnenrand, dafs der Planet statt seiner kreisrunden Form die Gestalt etwa einer Birne annahm, indem zwischen den Rändern der dunklen Venus und der hellen Sonne, wo die Berührung sein sollte, eine matte Verbindung, der sogenannte „schwarze Tropfen", genaue Kontaktmessungen unmöglich machend, sich bildete. Dies ist ein Phänomen der Diffusion oder Irradiation des Lichtes, welches besonders beim Anblick dunkler Flächen auf hellem Hintergrunde entsteht. Bei den Venus-Vorübergängen in diesem Jahrhundert, vorzüglich beim letzten von 1882, wurde die Erscheinung dadurch unschädlich zu machen gesucht, dafs die Beobachter sich vorher an einem den „schwarzen Tropfen" künstlich nachahmenden Apparat einübten und je nach ihrer Augen-Disposition die Reduktion bestimmten, welche vom Moment des Eintretens jenes schwarzen Tropfens auf den wirklichen Moment der Berührung schliefsen liefs.

Es erscheint durchaus nicht ausgeschlossen, dafs in Zukunft noch manche anderen, für uns sonderbaren Begleiterscheinungen astronomischer Phänomene, wie z. B. die merkwürdigen kanalartigen Doppelstreifen auf der Mars-Oberfläche, auch in das Gebiet der Fehler unserer Sinneswahrnehmungen verwiesen werden möchten. —

Wir gehen nunmehr über zur Betrachtung der persönlichen Gleichungen bei astronomischen Beobachtungen, also jener merkwürdigen Differenz, welche besonders für verschiedene Individuen bei Wahrnehmung ein und derselben Erscheinung zu Tage tritt.

Bereits Ende vorigen Jahrhunderts erwähnte der englische Astronom Maskelyne, dafs sein Assistent am Greenwicher Observatorium die Durchgänge der Sterne durch die Fäden des Meridianfernrohrs anfangs übereinstimmend mit ihm, dann eine halbe, schliefslich sogar $^{8}/_{10}$ Sekunden später beobachtet habe. Maskelyne entliefs deshalb seinen Assistenten, weil er ihm nicht richtig zu beobachten schien. Dieses unschuldige Opfer einer heute allgemein als berechtigt anerkannten Erscheinung gab 16 Jahre später den wichtigen Anlafs zu Bessels grundlegenden Untersuchungen über die persönliche Gleichung bei Durchgangsbeobachtungen.

Schon von Bradley war in der ersten Hälfte vorigen Jahr-

hunderts die Beobachtungsmethode eingeführt worden, aus den Antritten der Sterne an die Fäden eines in der Brennebene des Mittagsfernrohrs befindlichen Fadennetzes nach den Schlägen der Pendeluhr die Örter dieser Sterne zu bestimmen. Der Beobachter vernimmt mit dem Ohre den Pendelschlag der Uhr, gleichzeitig sieht er den Stern im Gesichtsfelde des Fernrohrs gegen den Faden rücken und sucht sich nun zu merken, welche Stelle der Stern beim Pendelschlag vor dem Faden, welche beim folgenden Schlage hinter dem Faden inne hatte. Hieraus kann man bis auf die zehntel Sekunde genau bestimmen, wann der Stern am Faden selbst vorübergegangen ist. Jeder geübte Beobachter liefert nun auf diese Weise Messungsreihen, welche jede für sich sehr wohl bis auf die zehntel Sekunde innerlich übereinstimmen, häufig aber um recht erhebliche Beträge, bis zu einer Sekunde, von den Ergebnissen eines anderen Beobachters abweichen können. Die hierbei auftretenden persönlichen Gleichungen sind deshalb so erheblich, weil jene Bestimmungen der Zeitunterschiede gleichzeitig von zwei verschiedenen Sinnesorganen, Auge und Ohr, aufgefafst werden müssen.

Derartige Fehler lassen sich auf rein astronomischem Wege ermitteln, indem Beobachter A die Durchgänge eines Sterns an den ersten, B dieselben an den letzten Fäden im Fernrohr bestimmt, und diese Operation beim nächsten Stern in umgekehrter Reihenfolge zur Eliminierung von Fadendistanz-Fehlern wiederholt wird. Aus zahlreichen solchen Messungen zwischen sehr verschiedenen Beobachtern geht hervor, dafs der Unterschied A - B zwischen 0 und 15,25" schwankt, aber durchaus nicht für dieselben Personen konstant bleibt. Bei allen astronomischen Operationen, welche von mehreren Personen gleichzeitig ausgeführt werden, oder deren Ergebnisse auf getrennt angestellten Messungen verschiedener Beobachter beruhen, gilt es deshalb als erste Regel, mit möglichster Schärfe die persönlichen Gleichungen zu ermitteln.

Der astronomisch-mechanischen Technik ist es ferner durch geeignete Abänderung der Beobachtungsmethode von Sterndurchgängen im Fernrohr gelungen, die Gröfse der persönlichen Auffassungsfehler nicht unbeträchtlich herabzusetzen. An Stelle der eben besprochenen Methode nach „Auge und Ohr“ wurde zuerst von amerikanischen Astronomen ein elektrisches Registrierverfahren für Durchgangsbeobachtungen eingeführt, welches heute nach einigen Verbesserungen allgemein bei Präzisionsmessungen dieser Art angewendet wird. Die Sekunden der Pendeluhr zeichnen sich auf dem Apparat, der nach dem Prinzip des Morseschen Telegraphen konstruiert ist,

automatisch auf; der Beobachter giebt auf demselben nur noch elektrische Signale für die Fadenantritte der Sterne. So wird der Gehörfehler gänzlich eliminiert, welcher bei dieser Kombination gleichzeitig auszuführender Messungen den gröfseren und unregelmäfsigeren Betrag der Sinneswahrnehmungs-Fehler ausmacht.

Nur Auge und Tastsinn beeinflussen jetzt die auf einem Papierstreifen bis zu wenigen hundertstel Sekunden genau ablesbaren Beobachtungen, welche aus Raumdifferenzen zwischen den Sekundenpunkten der Uhr und den daneben befindlichen Signalen des Astronomen sich zusammensetzen. Auf diese Weise sinkt der Maximalbetrag der persönlichen Gleichung zwischen zwei geübten Beobachtern auf wenige zehntel Sekunden herab. Gleichzeitig ist ein überaus bequemes und sehr genaues Mittel zur Bestimmung derselben gegeben.

Die stetig zunehmende Verfeinerung astronomischer Beobachtungsmethoden hat gezeigt, dafs nicht nur Durchgangsbeobachtungen, sondern auch Höheneinstellungen der Sterne, sowie fast alle feineren mikrometrischen Ausmessungen von den mannigfachen äufseren Bedingungen beeinflufst werden, unter denen das Auge die Objekte und die Fäden oder Striche im Mefsapparat wahrnimmt. Nach Untersuchungen von Förster[2]) ist z. B. der persönliche Bisektionsfehler bei mikrometrischen Ausmessungen auch davon abhängig, wie viele Nervenelemente der Netzhaut von den zu vergleichenden Flächen getroffen werden. Dieser Fehler verschwindet fast ganz, sobald nur ein einzelnes Nervenelement bedeckt wird, und er wächst ziemlich stark mit der Zahl der in Anspruch genommenen Nervenzapfen auf der Netzhaut des Auges.

Man könnte sich beinahe verleiten lassen, dem allzu energischen Ausspruche eines unserer gröfsten exakten Naturforscher beizupflichten, der da meinte, dafs, wenn ein Mechaniker ein so unvollkommenes Instrument, wie das menschliche Auge, konstruieren würde, es als unbrauchbar zurückzuweisen wäre. Aber mit den Lebensfunktionen des menschlichen Auges hat ja das exakte Messen wohl erst in allerletzter Linie zu thun!

Zwei Gruppen von Erscheinungen sind es ferner, welche bei dieser Gelegenheit besondere Erwähnung verdienen. Einmal der Einflufs der Helligkeit der Sterne und dann die Wirkung der Kopflage des Beobachters auf die Resultate astronomischer Messungen.

---

[2]) Foerster, Sur le rapport entre le grossissement des microscopes et la précision des mesures micrométriques. Procès-Verbaux du Comité intern. des Poids et mesures, 1878, Paris.

Seit Argelander weifs man, dafs Rektascensions-, besonders aber Deklinations-Messungen der Sterne von deren Gröfsenklasse beeinflufst werden, indem der Beobachter helle Sterne anders als schwächere einstellt. Diese sogenannte Helligkeitsgleichung mufs für jede längere Messungsreihe besonders bestimmt werden; sie variiert nicht nur von Person zu Person, sondern ist auch für dasselbe Individuum durchaus nicht konstant. Man hat versucht, sie aus den astronomischen Beobachtungen möglichst fortzuschaffen, indem die Intensität der helleren Sternbilder im Fernrohr durch Aufsetzen geeigneter Gitterblenden auf das Objektiv bis zu einer mittleren, etwa der fünften Gröfsenklasse, verringert wird.

Die andere Gruppe von Erscheinungen, bei welcher die optisch-physiologischen Fehler der Sinneswahrnehmung gleichfalls recht erheblich die Genauigkeitsgrenzen der eigentlichen Messungsergebnisse überschreiten, ist auch erst in den letzten Jahrzehnten genauer untersucht worden. Wenn der Beobachter Durchgänge oder Höheneinstellungen von Sternen nahe dem Zenith, also bei fast senkrechter Stellung des Fernrohrs, mifst, so kann er diese Beobachtungen im Liegen bei zwei verschiedenen Kopflagen, nämlich Gesicht nach Süden oder Gesicht nach Norden, ausführen. Die Ergebnisse werden im allgemeinen je nach der Kopflage verschieden ausfallen, und zwar häufig um ziemlich erhebliche Beträge. Da Sternbeobachtungen in verschiedenen Höhenzonen, nördlich und südlich vom Zenith, mit einander zu verbinden sind, mufs für jeden Beobachter die Beziehung ermittelt werden, welche in der Nähe des Zeniths zwischen seinen Messungen der Sterndurchgänge und Deklinationen bei den Lagen „Gesicht Süd“ oder „Nord“ obwaltet. Diese spezielle persönliche Gleichung wird am einfachsten durch Wechseln der Kopflage während der Beobachtung ein und desselben Zenithsterns bestimmt. Ihre physiologische Erklärung dürfte die folgende sein. Der Stern geht scheinbar von West nach Ost durch das Fernrohr; das Auge des Beobachters folgt bei Gesichtslage Süd dem Stern von rechts nach links bei den Messungen im Gesichtsfelde, bei Gesichtslage Nord dagegen von links nach rechts. Bei diesen entgegengesetzten Bewegungen des Auges werden die Vorgänge der Abbildung auf den Netzhaut-Fasern nicht ganz identisch sein. Hiermit würde die Thatsache in Einklang stehen, dafs durch Anwendung eines umkehrenden Prismas dieser persönliche Fehler fast zum Verschwinden gebracht werden kann, weil dann die Augenbewegungen für beide Gesichtslagen in demselben Sinne auszuführen sind.

In gewissen anderen Fällen, wenn es sich z. B. um mikrometrische Ausmessungen oder Einstellungen nicht gleichmäfsig scharf begrenzter ruhender Objekte im Fernrohr oder Mikroskop handelt, hat sich dagegen gerade die Bewegung der Einstellungsfäden von zwei entgegengesetzten Richtungen aus an das zu messende Bild vorzüglich bewährt, um den persönlichen Einstellungsfehler des Beobachters systematisch zu verkleinern. Allerdings zeigen dann auch die mikrometrischen Einstellungen von entgegengesetzten Seiten her, abgesehen von Verschiedenheiten der Schraubendrehung rechts und links, häufig nicht unbeträchtliche Auffassungsunterschiede der Beobachter. —

Wir sind somit, wie es bei dem innigen Zusammenhange beider Erscheinungen kaum anders zu erwarten war, aus dem Gebiete der persönlichen Gleichungen schon mitten in die Betrachtung der anderen Sinneswahrnehmungs-Fehler, nämlich der persönlichen Korrektionen gelangt. Letztere entstehen, wie bereits zu Anfang erwähnt, dadurch, dafs unsere Sinneswerkzeuge eine Erscheinung zeitlich wie räumlich etwas anders auffassen, als sie in Wirklichkeit vor sich geht. Wie der Astronom für seine Präzisions-Apparate die systematischen Instrumentalfehler bestimmt, um die Beobachtungen zu verbessern, so mufs er auch die Fehler seines Nerven-Apparates ermitteln, da sie bei allen feinsten Messungen eine fundamentale Rolle spielen.

Wir sind noch weit entfernt von dem idealen, gewifs nur äufserst schwer, wenn überhaupt erreichbaren Ziele, für all die verschiedenen Beobachtungsmethoden die Instrumente so einzurichten, dafs die Gestirne selbst automatisch Beobachtungszeiten und Distanzen genau angeben. Dann würde es allerdings jederzeit möglich sein, durch direkte Vergleichung den absoluten persönlichen Fehler eines Beobachters zu bestimmen, so weit man von ihm überhaupt noch etwas zu wissen brauchte. Die partielle Eliminierung dieses Fehlers, wenigstens für gewisse Beobachtungen im Fernrohr, ist neuerdings durch die immer ausgedehntere Anwendung der Photographie bei astronomischen Messungen ermöglicht worden. Allerdings spielen dann beim Ausmessen der photographischen Platte die Fehler der Sinneswahrnehmungen eine durchaus nicht zu unterschätzende Rolle, jedoch können dieselben leichter kontrolliert und bequemer bestimmt werden als während der direkten, oft eiligen Beobachtung am Himmel selbst. Bisher ist es jedoch erst für einen kleinen Teil der astronomischen Beobachtungsmethoden gelungen, die Himmelsphotographie mit Erfolg anzuwenden.

Die weitaus gröfste Zahl wichtigster und nützlichster astronomischer Messungen, welche zur Klasse der **Durchgangsbeobachtungen** von Gestirnen an Meridian- und Universal-Instrumenten gehören, wird noch immer von den Beobachtern selbst direkt ausgeführt. Die persönlichen Korrektionen der letzteren, wenigstens bei fundamentalen astronomischen und geodätischen Bestimmungen, müssen daher möglichst scharf ermittelt werden. Denn die interessanten Versuche, welche z. B. von **Braun** und von **Repsold** gemacht worden sind, um am Instrument selbst durch besondere, automatisch wirkende Einrichtungen alle Durchgangsbeobachtungen von dem persönlichen Zeitfehler unabhängig zu machen, können bisher nur in sehr beschränktem Mafse als gelungen betrachtet werden.

Wie geschieht nun die Bestimmung der persönlichen Korrektion für Durchgangsbeobachtungen? Durch Anwendung eines Apparates, welcher Durchgänge künstlicher Sterne im Fernrohr zu beobachten erlaubt und gleichzeitig, mit Variierung der Geschwindigkeiten, die wirklichen Zeiten angiebt, wann der künstliche Stern die Fäden passiert. Die Benutzung derartiger Apparate, die allerdings schon Jahrzehnte alt und wohl mancher Verbesserungen bedürftig sind, hat aus einem grofsen Beobachtungsmaterial folgende Resultate ergeben. Die persönlichen Korrektionen eines geübten Beobachters halten sich im allgemeinen in den Grenzen weniger zehntel Sekunden; sie sind nicht konstant und nehmen aufserdem mit wachsender Geschwindigkeit des Sterns zu.

In neuerer Zeit haben genaue, an mächtigen Fernrohren vorgenommene Ausmessungen von **Doppelsternen** und von **Trabantengruppen** unserer Hauptplaneten eigenartige und wichtige Aufschlüsse über ein anderes Gebiet **persönlicher Korrektionen** gewährt, die gleichfalls durch physiologisch-optische Fehlerquellen verursacht werden. Derartige, sicher nachgewiesene systematische Fehler sind gerade bei Doppelsternen von ganz besonderer Bedeutung; denn die Bahnen, welche diese interessanten, physisch zusammengehörenden Himmelskörper um einander beschreiben, erscheinen dem Beobachter auf der Erde so klein, dafs schon sehr geringe Messungsfehler einen höchst bedeutenden Einflufs auf die Bahnbestimmung erlangen können.

Man giebt bei Doppelsternen ihre relative Stellung durch Distanz und Positionswinkel an; erstere wird in Einheiten der Bogensekunde z. B. im Mikrometerapparat mit einem beweglichen Faden gemessen; letztere wird in Gradteilen, von der Nord-Richtung ab gerechnet, durch Einstellen fester, nur cirkular drehbarer Fäden parallel der Richtung beider Sterne am Positionskreise abgelesen.

Am meisten sind nun die Messungen der Positionswinkel, viel weniger die Distanzeinstellungen durch Fehler der Sinneswahrnehmung beeinflufst. Da kommt es darauf an, ob das Gesichtsfeld im Fernrohr hell erleuchtet und die Fäden dunkel sind, oder ob bei hell erleuchteten Fäden das Gesichtsfeld dunkel ist. Ferner ergeben Einstellungen auf den Faden, wenn also die Verbindungslinie der Sterne mit dem Mefsfaden zur Deckung gebracht wird, andere und meist viel sichere Resultate als Einstellungen zwischen die Fäden, wenn die Parallelität der Richtungen nur geschätzt wird. Aufserdem spielt die Lage der Verbindungslinie beider Sterne zur Vertikalen und die dementsprechend einzunehmende Kopfhaltung des Beobachters eine wichtige Rolle. Endlich ist die Sicherheit der Positionswinkel-Schätzung auch von der Gröfse der Distanz der Komponenten eines Doppelsternsystems abhängig; sie wird geringer mit abnehmender Distanz. Im allgemeinen lassen sich Doppelsternbeobachtungen, bei denen es sich in letzter Instanz darum handelt, mehrere Punkte in eine gerade Linie zu stellen, nur mit Zuhilfenahme der Augenbewegungen und der sogenannten Raddrehungen des Auges bewerkstelligen.[3]) Solche Bewegungen sind aber, wie die Lehre von den Gesichtswahrnehmungen zeigt, mit starken systematischen Fehlern behaftet.

Man erkennt hieraus, wie notwendig es ist, bei Doppelsternmessungen die persönlichen Korrektionen des Beobachters zu ermitteln. Dies geschieht am zweckmäfsigsten mit Apparaten, welche künstliche Doppelsterngebilde mit bekannten Distanzen und beliebig zu variierenden Positionswinkeln auszumessen erlauben. Derartige Untersuchungen haben gezeigt, dafs es Beobachter giebt, deren persönliche Korrektion nur wenige Minuten im Positionswinkel beträgt, während gelegentlich, selbst bei einer Autorität auf diesem Gebiete, wie z. B. der Pulkowaer Astronom Otto Struve es ist, persönliche Korrektionen bis zu 5 Grad vorkommen können.

Wir sind nunmehr am Schlufs unserer allerdings nur skizzenhaften Betrachtungen über die Kritik der Sinneswahrnehmungen bei astronomischen Messungen angelangt.

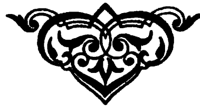
Vor etwa 70 Jahren hatte der grofse praktische Astronom Bessel, als er zuerst diese Frage wissenschaftlich berührte, sich wie folgt geäufsert: „Es wäre zu wünschen, dafs man Mittel fände, über diese rätselhafte Erscheinung erschöpfende Untersuchungen anzustellen;

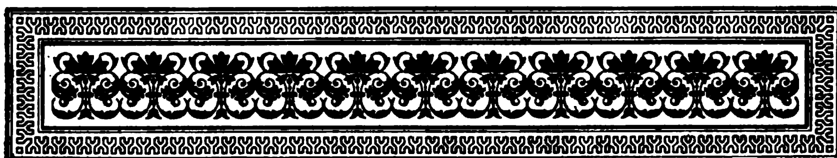
[3]) Vergl. u. a. H. Struve, Beobachtungen der Neptunstrabanten am 30-zölligen Pulkowaer Refraktor. St. Petersburg 1894.

allein ich halte dieses für fast unmöglich, indem die Operationen, von welchen die persönlichen Auffassungsunterschiede herrühren, ohne unser Bewufstsein vor sich gehen."

Jetzt darf man zuversichtlich behaupten, dafs die erwähnten Erscheinungen, dank gemeinsamer Fortschritte von Physiologie und Astronomie den Charakter des Rätselhaften verloren haben. Dennoch darf man sich auch heute noch nicht verhehlen, dafs wir in dieser Frage immer erst im Anfangsstadium stehen, und dafs auch für sie der treffende Ausspruch von Laplace gilt:

„Ce que nous connaissons, est peu de chose,
Mais ce que nous ignorons, est immense." —





Entwickelung und Bedeutung der Ätherhypothese.

Von F. K. Ginzel, ständigem Mitgliede des Königl. astronom. Recheninstitutes in Berlin.

(Schlufs.)

Die philosophishen Spekulationen Eulers und Kants blieben zunächst völlig unbeachtet. Die Physik hatte ja seit Newton einen grofsen Umschwung in ihrer Arbeitsmethode erfahren, indem sie sich ausschliefslich auf die Basis der Mathematik zu stellen suchte und darum der naturphilosophischen Richtung wenig geneigt war. Bald sollten aber aus ihren eigenen Kreisen heraus die ersten gewichtigen Axthiebe gegen die überall noch dominierende Newtonsche Emmissionstheorie geführt werden. Thomas Young erneuerte in mehreren zwischen 1800—1804 erschienenen Abhandlungen die Einwürfe gegen jene Hypothese und entdeckte das Haupthilfsmittel, welches zum Siege der Undulationstheorie führen sollte, die Interferenz der Wellenbewegung. Man hatte die Erscheinungen, die sich beim Zusammentreffen von Wellen darbieten, bis dahin wenig beachtet. Young fand aber bei einer Untersuchung über das Zusammenklingen musikalischer Töne, dafs die Vibrationen der Töne keineswegs von einander unabhängig bleiben, vielmehr die Wellen sich durchkreuzen, also die Vibrationen sich summieren und subtrahieren. Die Erscheinung der Interferenz, welche darauf hinausgeht, dafs beim Zusammentreffen von zwei Wellen an einer Stelle jedes Massenteilchen die Bewegung erhält, welche aus der Zusammensetzung der den Wellen ursprünglich zukommenden Bewegung hervorgeht, erkannte Young sofort als überaus wichtig für die Erklärung der optischen Experimente. Die Versuche Newtons über die Farben dünner Blättchen führten Young zu der Überzeugung, dafs diese Farben nur aus der Interferenz der Wellenbewegung erklärbar sein könnten. Läfst man von einer Lichtquelle zwei Strahlen auf eine durchsichtige Platte fallen, so dafs der eine an der vorderen, der andere an der

hinteren Seite der Platte reflektiert wird, so kommen die beiden Strahlen nach der Reflexion auf der Netzhaut des Auges wieder zusammen, doch wird dabei der an der hinteren Seite der Platte reflektierte Strahl um ungefähr die doppelte Dicke der Platte verzögert sein. Die Lichtstrahlen treffen also nicht mehr in derselben Schwingungsphase zusammen und ihre Wirkung auf der Netzhaut wird sich verstärken oder schwächen können. Falls die doppelte Dicke der Platte gerade eine Wellenlänge oder ein Vielfaches derselben ist, so addieren sich einfach die Wirkungen der Strahlen, heben sich aber auf, wenn die Dicke der halben Wellenlänge gleich wird. Die bekannten Farbenringe, welche Newton durch Auflegen einer Glaslinse auf eine dünne durchsichtige Platte erhalten hat, lassen sich danach durch das Zusammentreffen zweier nach der Gröfse des zwischen Linse und Platte befindlichen Zwischenraums in ihrer Phase differierenden Lichtstrahlen erklären. Auf Grund dieser Betrachtung versuchte Young, indem er die von Newton über die Dicke der Zwischenschicht angegebenen Zahlen benützte, die Wellenlänge der einzelnen Lichtstrahlen zu berechnen, aus welchen sich das weifse Licht zusammensetzt. Er fand für rot 482 Billionen Schwingungen in der Sekunde, für blau 629 Billionen, für violett 707 Billionen u. s. f. In der Folge wandte Young diese Interferenztheorie auch auf die Erklärung der Farben an, welche durchsichtige sehr dünne Körper selbst dann zeigen, wenn sie in dickeren Schichten ganz farblos erscheinen; desgleichen mafs er die bei der Beugung des Lichtes auftretenden farbigen Streifen und erhielt daraus Intervalle für die Verstärkung und Abschwächung des Lichtes, welche mit denjenigen, die aus den Farben dünner Blättchen folgen, übereinstimmten. Somit war klar, dafs die Beugung des Lichtes und Newtons Farbenringe der gleichen Ursache, nämlich der Interferenz zugeschrieben werden müssen, und da die Interferenz des Lichtes selbst sich nur auf Grund der Ätherschwingungen erklären liefs, so war für Young die Richtigkeit der Undulationshypothese ganz zweifellos entschieden. Im Jahre 1807 gelangte der englische Physiker auch noch zu der Überzeugung, dafs auch die Wärme, wie das Licht, aus Schwingungen bestehe, die sich nur dadurch von einander unterscheiden, dafs die Wärmeschwingungen langsamere sind als die des Lichtes, und dafs also die Annahme eines besonderen „Wärmestoffs“, wie ihn die Physiker bis dahin vertreten hatten, der aber freilich damals durch Rumfords und Davys Versuche schon stark erschüttert war, ganz fallen zu lassen sei.

Für die Allgemeinheit der Physiker war jedoch der Sieg der

Undulationstheorie noch lange nicht entschieden. Es mufste zuvor noch eine ganze Reihe von optischen Entdeckungen kommen, ehe die Emissionstheorie in ihren Grundvesten erschüttert war. An der Spitze dieser Entdeckungen steht die Polarisation des Lichtes (1808). Erzeugt man mittelst eines Kalkspathkristalls an einem Lichtbündel zuerst das Phänomen der doppelten Brechung des Lichtstrahls in den gewöhnlichen und den ungewöhnlichen Strahl, und läfst dann die beiden entstandenen Strahlen einzeln auf einen zweiten Kalkspathkristall fallen, so zeigt sich, dafs der Lichtstrahl im ersten Kristalle eine Modifikation erhalten hat. Er wird nämlich je nach der Stellung der Hauptschnitte der beiden Kristalle zu einander durch den zweiten Kristall entweder vollständig auf die gewöhnliche oder ungewöhnliche Weise gebrochen und tritt daher einfach aus dem zweiten aus, oder er wird in zwei Strahlen geteilt, die aber ungleich intensiv sind und nur dann gleiche Stärke zeigen, wenn der Winkel der Hauptschnitte gegen einander 45 Grad ist. Ebenso wie der Kalkspath zeigen auch andere Körper die Eigenschaft, einen einfallenden Lichtstrahl in zwei Strahlen zu zerlegen, deren jeder dabei die Begabung erhält, beim Durchgange durch einen zweiten Kristall sich in zwei Teile zu teilen, welche Veränderungen in ihrer Intensität darbieten, die von der Gröfse des Winkels der Hauptschnitte gegen einander abhängen, so dafs ein Teil sogar verschwindet und der andere ein Maximum der Intensität erhält, wenn dieser Winkel gleich null oder ein rechter wird. Der mit dieser Eigenschaft begabte Strahl heifst dann polarisiert. Die Erscheinung der Polarisation des Lichtes tritt aber auch ein bei der Reflexion von Lichtstrahlen, wenn reflektierende Flächen unter gewissen Winkeln getroffen werden. Malus, der Entdecker der Polarisation, soll, wie Arago erzählt, durch einen Zufall auf die Erscheinung aufmerksam geworden sein. Er bemerkte nämlich, dafs das reflektierte Bild der Sonne an den Fensterscheiben des Palais Luxembourg, als er es durch einen Kalkspathkristall betrachtete, je nachdem er den Kristall drehte, bald ein Bild, bald zwei zeigte, und dafs im letzteren Fall die beiden Bilder von ungleicher Intensität waren. Später fand Malus die Polarisation der Lichtstrahlen durch Reflexion und einfache Brechung. Der Entdecker war sehr zurückhaltend in betreff der Erklärung der von ihm beobachteten Thatsachen und, wie die Mehrzahl der damaligen Physiker, der Emissionstheorie zugeneigt. Die Erklärung der Doppelbrechung wie der Polarisation schien nach beiden Theorien, sowohl der Emissions- wie der Undulationshypothese sehr schwierig. Laplace ging noch ganz von der ersteren aus. Die Emissionstheorie

hatte die Brechung des Lichtes auf die Anziehung zurückgeführt, welche die Moleküle der brechenden Substanzen auf die Lichtteilchen auf eine gewisse Entfernung hin bei ihrer Annäherung ausübten. Laplace suchte in diesem Sinne die Doppelbrechung von einer zweifachen Art Anziehung abzuleiten, eine, welche auf die Moleküle des gewöhnlichen Strahles unveränderlich wirkt, je nach dem Winkel, den der Strahl mit der optischen Achse macht. Aus der Verschiedenheit der Anziehung folgt eine Verschiedenheit in den Geschwindigkeiten der beiden Strahlen und aus diesen verschiedenen Geschwindigkeiten auch die verschiedene Brechung der Strahlen. Andererseits suchte für die Polarisation Biot mit vielem Scharfsinn die Giltigkeit der Emissionstheorie zu beweisen. Aber die Forschungen auf dem Gebiete der Polarisation durch Arago, Brewster u. a. förderten binnen wenigen Jahren eine ganze Menge von so komplizierten Polarisationserscheinungen zu Tage, dafs Biot bald nur noch mit den gröfsten Anstrengungen die Ableitbarkeit derselben aus der Emissionstheorie aufrecht erhalten konnte. Um 1826 war der Streit zwischen den Anhängern der Undulations- und Emissionshypothese auf dem Höhepunkte angelangt, so dafs die Pariser Akademie in diesem Jahre den Preis auf die Lösung der Aufgabe ausschrieb, eine Theorie zu begründen, welche in wirklich einwurfsfreier Weise alle Erscheinungen der Beugung des Lichtes, der Farbenringe, der Polarisation und Doppelbrechung erkläre. Diese Preisfrage war, was die in Betracht kommenden Theorien anbelangte, nur eine geforderte Entscheidung zwischen Emissions- und Undulationstheorie, denn die damals noch auftauchende chemische Lichttheorie von Parrot, welche verschiedene Arten von Lichtstoff annahm, deren jeder eine bestimmte Farbe hervorbringe, hatte von vornherein wenig Beifall gefunden. Jene Entscheidung aber war zu der Zeit, als die Akademie den Preis ausschrieb, eigentlich schon gefallen. Fresnel nämlich hatte fast zehn Jahre vorher durch sehr eingehende Untersuchungen die Richtigkeit des Prinzipes der Interferenz der Wellen für die Beugung des Lichtes dargethan. Im Verein mit Arago wandte er sich dann der Untersuchung der Interferenzfähigkeit des polarisierten Lichtes zu. Das wichtigste Ergebnis, das uns hier interessiert, war, dafs zwei rechtwinkelig polarisierte Strahlen unter keinen Umständen interferierten. Daraus folgte, dafs die Schwingungen von rechtwinklig polarisierten Strahlen nicht in derselben Richtung erfolgen können, denn in diesem Falle müfsten sie sich addieren oder subtrahieren, d. h. verstärken oder auslöschen. Wenn aber die Schwingungen,

trotzdem die Lichtstrahlen parallel laufen, nicht in gleicher Richtung geschehen, so durfte die Richtung der Schwingungen auch nicht in der Richtung des Strahles, also in der Fortpflanzungsrichtung liegen. Es blieb somit nichts weiter übrig, da die Schwingungen nicht longitudinale waren, als die Annahme, dafs das Licht transversal schwingt. Diese Transversalität der Lichtwellen, die anfangs eine sehr energische Bekämpfung erfuhr, führte in der Hand des genialen Fresnel schliefslich zur Aufklärung der gesamten Erscheinungen der Polarisation. Etwa um 1830 war damit der Sieg der Undulationstheorie endgiltig entschieden. Nur in einem Punkte waren Fresnels Arbeiten noch zu ergänzen, in der Erklärung der verschiedenen Brechbarkeit der Farben. Die verschiedenfarbigen Lichtstrahlen besitzen verschiedene Brechbarkeit, und da die letztere von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes abhängig ist, mufs die Wellenlänge dabei eine Rolle spielen. Fresnel hatte für die Wellenbewegung des Äthers eine konstante Fortpflanzungsgeschwindigkeit, welche von der Dichte und Elastizität des Mediums, aber nicht von der Wellenlänge der Schwingungen abhing, gefunden. Da Poisson dies als einen Beweis gegen die Undulationstheorie erklärte, so machte Fresnel darauf aufmerksam, dafs er bei seinen Formeln den Einflufs der Körpermoleküle auf den Äther noch nicht berücksichtigt habe, und dafs bei Berücksichtigung dieses Einflusses das Gesetz der Farbenbrechung aus der Undulationstheorie folgen müsse. Cauchy, der diese Bemerkung weiter verfolgte, (auch Challis nahm denselben Gedanken auf) ging deshalb, um zu jener Erklärung zu gelangen, von Ätheratomen aus, deren Dimensionen sehr klein sind im Verhältnis ihrer gegenseitigen Entfernungen. Im freien Äther verschwinden diese Abstände noch gegen die Wellenlänge des Lichtes; in den Körpern dagegen, woselbst die Geschwindigkeit des Lichtes geringer, daher die Wellenlängen kleiner sind, werden diese Verhältnisse der Wellenlänge gegen die Abstände der Ätheratome merklich; man hat sie wenigstens bei transversalen Wellen nicht aufser Rücksicht zu lassen. Unter diesen Annahmen gelangte Cauchy zu einem mathematischen Ausdruck für die Geschwindigkeit des Lichtes, der von der Wellenlänge des Lichtes direkt abhängig war, also für die verschiedenen Farben verschiedene Gröfsen ihrer Brechung angab. Die theoretischen Resultate deckten sich völlig mit den Versuchen Fraunhofers. Vielfache weitere optische Entdeckungen haben seit dieser Zeit die Anerkennung der Undulationstheorie befestigt, wie die Versuche von Fizeau über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in Körpern verschiedenen

Aggregatzustandes, die Erscheinungen der Phosphorescenz und namentlich der Fluorescenz, Dopplers Entdeckung von der Änderung der Farben durch die Entfernungsveränderungen der Lichtquelle u. s. w.

Der vollständige Sieg der Undulationstheorie liegt nicht nur in der Anerkennung eines bestimmten Prinzipes auf dem speziellen Gebiet der Optik, die Bedeutung dieses Sieges reicht weiter; er bezeichnet nichts weniger als die Vorbereitung zu einer Reformation der leitenden Ideen der Physik überhaupt. Früher hatte man für die Optik den Lichtstoff, für die Wärme den Wärmestoff, für die Elektrizität und den Magnetismus die elektrischen und magnetischen Flüssigkeiten angenommen, die Mechanik als Lehre von der ponderablen Materie bezeichnet, man hatte also für jedes physikalische Kapitel eine spezielle Materie mit einer besonderen Kraft.

Die Kämpfe der Undulationstheorie hatten aber gezeigt, dafs man die ganze Optik nicht mehr auf eine besondere Materie, den Lichtstoff, gründen dürfe, sondern nur auf die Bewegungen des Äthers, einer allen physikalischen Erscheinungen zukommenden Materie zuückzuführen brauche, um in glänzendster Weise die verwickeltsten optischen Phänomene zu erklären, ja selbst optische Entdeckungen vorauszuberechnen. Die Akustik allein hatte man merkwürdiger Weise von einer besonderen Materie, einem „Tonstoff", freigehalten und die akustischen Erscheinungen nur als besondere Bewegungsart der ponderablen Materie betrachtet. Nachdem auch der „Lichtstoff" durch die Undulationstheorie vernichtet war, lag die Idee nahe, ob es nicht auch gelingen möchte, mit der alten Erklärungsart durch besondere Materien und deren Urkräfte ganz zu brechen und sämtliche physikalischen Erscheinungen nur auf eigentümliche Arten von Bewegung zurückzuführen. Die Analogien, die sich aus der Lehre von der Wellenbewegung für die Optik und Akustik ergeben hatten und den Deutungen zu Hilfe gekommen waren, wiesen schon auf die Realisierbarkeit dieses grofsen Gedankens hin. Freilich war es äufserst fraglich, ob die grofsen Schwierigkeiten, die sich darbieten mufsten, würden überwunden werden können. Indessen bemerkte man schon geistige Bewegungen unter den Physikern, die Hoffnung auf das Gelingen gaben. Der „Wärmestoff" war durch Rumford und Davy arg erschüttert worden, Ampère hatte sich gegen die Existenz einer „magnetischen Flüssigkeit" ausgesprochen. Von diesen ersten Anfängen ausgehend, vollzog sich nun in den letzten fünfzig Jahren bis zur Gegenwart die Revolution gegen die alten Prinzipien. Drei physikalische Entdeckungen halfen diese Entwicklung mächtig fördern: das

Gesetz von der Erhaltung der Kraft, die mechanische Wärmetheorie und die kinetische Gastheorie.

Robert Mayer hatte um 1845 den allgemein gehaltenen Nachweis geliefert, dafs alle Kräfte wechselseitig in bestimmten Verhältnissen ineinander verwandelbar sind, und dafs keine Kraft sich von selbst umwandle, sondern dafs es hierzu einer äufseren Ursache bedürfe. Er konstatierte die Erhaltung der Kraft bei der Umwandlung von Arbeit in Wärme und wies auch auf die weiter möglichen in der Natur vorkommenden Transformationen von Kräften hin. Um dieselbe Zeit gelangte James Prescott Joule auf rein experimentellem Wege zu der Überzeugung, dafs jeder Umwandlung von mechanischer Arbeit in Wärme ein konstantes Umwandlungsverhältnis entspreche, und aus den erhaltenen mit einander übereinstimmenden Zahlen für dieses Wärmeäquivalent schlofs er, dafs die entwickelte Wärme nichts anderes sei, als eine andere Erscheinungsform der bei der Verdichtung der Luft aufgewendeten mechanischen Kraft. Endlich führte Helmholtz den Satz über die Erhaltung der Kraft streng mathematisch durch und zeigte die weittragende Bedeutung dieses Prinzipes für die Mechanik, die Wärme, für Elektrizität und Magnetismus. Wenige Jahre später gelangte Knoblauch durch Fortsetzung der Experimente von Melloni und Forbes zu der Erkenntnis, dafs die Wärmestrahlen in gewissen Beziehungen mit den Lichtstrahlen identisch sind und sich an ihnen die Erscheinungen der Beugung, Refraktion und Polarisation wie beim Lichte nachweisen lassen. Diese Erfahrungen führten dazu, die Wärme, gleich dem Lichte, als eine Art von Bewegung aufzufassen, und die weiteren Untersuchungen von Clausius, Thomson u. a. formulierten schliefslich den Aufbau einer neuen Ansicht, der „mechanischen Wärmetheorie“. Die neuen Ideen hatten aber alsbald eine sehr bedeutsame Folge für die Theorie der Gase. War Wärme ein Schwingungszustand der Moleküle, welcher mit der Erhöhung der Temperatur ins Unbegrenzte vergröfsert werden kann, so mufse auch eine Temperatur, also auch ein Zustand der Materie denkbar sein, bei welchem die Moleküle durch die Wärmebewegungen aus ihren Wirkungssphären ganz herausgetrieben und daher die Molekularkräfte unwirksam werden konnten. Verschiedene Eigenschaften der Gase liefsen darauf schliefsen, dafs dieser Zustand bei den Gasen eingetreten sei, dafs die Moleküle derselben aufgehört haben, um eine Gleichgewichtslage zu oscillieren, dafs sie sich also frei von jeder Anziehung und Abstofsung der anderen Moleküle, d. h. geradlinig durch den Raum bewegen, so lange, bis ein Zusammenstofs diese

Richtung ablenkt. Krönig fafste bereits 1856 die Gase als Atome auf, die sich in gerader Linie mit konstanter Geschwindigkeit fortbewegen. Diese kinetische Theorie der Gase wurde namentlich von Clausius mit Erfolg weiter ausgebildet.

Mechanische Wärmetheorie und Gastheorie gaben den Anlafs, dafs sich die Physik mehr und mehr bemühte, die kinetische Behandlungsweise der Erscheinungen einzuführen, d. h. die innere Bewegung der Materie als die Ursache der Phänomene zu betrachten. Hierdurch erhielt aber die Philosophie über die Theorie der Materie neuen Anstofs; denn wenn die Erscheinungen Bewegung der Materie waren, so mufste die Gestaltung dieser inneren Bewegung, d. h. die Konstitution der Materie, näher erwogen werden. Je mehr sich also die Physik der kinetischen Theorie der Wärme zuwandte und in der Folge versuchte, einen grofsen Teil der physikalischen Phänomene aus der inneren Bewegung der Materie abzuleiten, sah sie sich genötigt, der atomistischen Betrachtung der Materie näher zu treten. In dieser Beziehung war die Atomtheorie von Fechner, Grassmann und Wilhelmy bemerkenswert. Der kinetischen Behandlung der Physik kam auch noch der Begriff „Energie" zu Hilfe, wie ihn Rankine 1853 aufgestellt hat. Danach ist Energie „jede Affektion einer Substanz, welche in einer Kraft besteht oder vergleichbar ist mit einer Kraft, die fähig ist, Veränderungen hervorzubringen, bei denen ein Widerstand überwältigt werden mufs". Sie ist „aktuell", wenn sie die Veränderung des Zustandes anzeigt, oder „potentiell", wenn sie die Grösse dieser Veränderung messen läfst. Die Summe der aktuellen und potentiellen Energie im Universum ist unveränderlich (entsprechend dem Satze von der Erhaltung der Kraft). Mit Hilfe des Begriffes der Energie gelang der theoretischen Physik im Laufe der Zeit eine neue klare Darstellung der einzelnen Gebiete. Der neue Begriff brachte aber auch für die Spekulation die Hoffnung mit sich, dafs, wie man den Licht- und Wärmestoff auf kinetische Energien der Atombewegung zurückgeführt hatte, Aussicht vorhanden sein könnte, auch andere Kräfte zu erklären, vornehmlich die Gravitation. Wir hätten hier eine bis in die neueste Zeit reichende Schar von Theorien der Schwerkraft zu erwähnen, wie die von Challis, Leray Keller, Spiller, Isenkrahe, Anderssohn u. v. a. In allen diesen Hypothesen spielt der Äther eine Rolle. Aber man kann bei der Überschau fafst aller sagen, dafs eine kinetische Darstellung der Gravitation noch eine Aufgabe der Zukunft ist.

Wir sehen beim Überblick unseres geschichtlichen Bildes, dafs

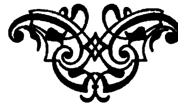
die Bedeutung der Ätherhypothese für die Physik und die Erkenntnis der Naturerscheinungen überhaupt, mit dem Siege der Undulationstheorie anhebt. Durch letztere wurden die Reformen auf dem Gebiete der Wärmelehre vorbereitet, welche im Vereine mit der mechanischen Gastheorie zu einer immer allgemeiner werdenden kinetischen Behandlung der Physik führten, die auch heute noch auf allen Gebieten der letzteren fortklingt und jedenfalls noch für lange Zeit nicht abgeschlossen ist. Dabei zeigte sich, dafs ein weiterer Einblick in die Mechanik der Atome notwendig sei. Man gelangte durch die neuere Atomistik zu Anschauungen, welche den Ausblick auf eine unendliche Zusammensetzbarkeit und eine unendliche Teilbarkeit der Materie, d. h. ihre Kontinuität, eröffnen. Die Weiterentwicklung der angedeuteten Endziele, der Physik in die Mechanik aller Materie, als Kinetik aller materiellen Bewegungen, und die Auflösung der von der früheren Entwicklungsperiode angenommenen Vielheit der Naturkräfte in die Einheit, beruht also im letzten Grunde auf der Anerkennung und allmählichen Ausbildung der Hypothese vom Weltäther.

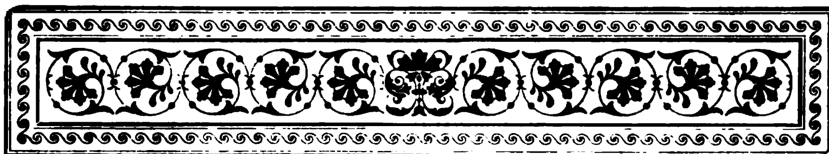
Noch mufs hier mit einigen Worten jener Erwartung gedacht werden, welche die Physik betreffs der Konstatierung eines die Welt erfüllenden Mediums durch astronomische Beobachtungen erhofft hat. Encke war bekanntlich bei den Untersuchungen der Bahn des nach ihm benannten periodischen Kometen von $3\frac{1}{2}$ Jahren Umlaufszeit zu dem Resultate gekommen, dafs sich die Umlaufszeit dieses Kometen von einer Rückkehr zur anderen um etwas verkürzt. Diese Verkürzung, welche also einer Beschleunigung der täglichen Bewegung des Kometen entsprach, suchte er durch einen Widerstand einer Kraft zu erklären, und als Ursache davon stellte er ein im Weltraum möglicherweise vorhandenes Medium auf, dessen Dichte dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional wäre. Mittelst eines aus der beobachteten Beschleunigung empirisch bestimmten Wertes für die Widerstandkonstante gelang es ihm, eine Reihe von Wiederkünften des Kometen vom Jahre 1819 ab befriedigend mit der Beobachtung in Übereinstimmung zu bringen. Die Physiker sahen in dem Enckeschen Resultate, wenn auch nicht den Beweis für die Existenz eines Weltäthers von physikalischen Eigenschaften, der für die Undulationshypothese hätte brauchbar sein können, doch wenigstens die astronomische Bestätigung des Hauptsatzes, dafs der Weltraum mindestens nicht „leer“ gedacht werden könne. Enckes „widerstehendes Mittel“ wurde auf diese Weise zum Schlagworte aller physikalischen Lehrbücher der fünfziger Jahre, nachdem Humboldt im „Kosmos“ (III 40)

den Satz vertreten hatte: „Die wichtige Entdeckung von dem Widerstande, welchen ein den Weltraum erfüllendes Fluidum einem Kometen von 3jähriger Umlaufszeit mefsbar entgegensetzt, hat sich durch die genaue Übereinstimmung der numerischen Verhältnisse vollständig bewährt.“ Dieser Ausspruch kann heute keinesfalls mehr unterschrieben werden, nachdem die Folgezeit gelehrt hat, welchen Schwierigkeiten die Beurteilung der mitspielenden Verhältnisse unterliegt. Zunächst ist fraglich, ob die Kometen nicht Störungen unterworfen sind, welche die Lage ihres Schwerpunktes verändern. Die „Polarkraft“, welche Bessel, um gewisse Erscheinungen am Halleyschen Kometen zu erklären, angenommen hat, mufs im Innern der Kometen Veränderungen der elliptischen Bewegung hervorbringen. Diese Polarkraft hat späterhin zur Ausbildung der Theorie der Schweifbildung der Kometen geführt. Die abstofsenden Kräfte, die die Schweifentwicklung veranlassen und ihren Sitz in der Sonne und den Kometen haben, rufen in der Bewegung des Kometen, falls ihre Intensität nur von der Sonnenentfernung abhängt, nur eine periodische Störung hervor, welche im Perihel ihr Maximum hat und im Aphel verschwindet; ist aber die Intensität der Abstofsungskräfte auch in anderer Weise von der Bewegung des Kometen abhängig, so können sie auch säkulare Störungen der Elemente zur Folge haben, welche sich mit den durch den Widerstand eines Äthers hervorgerufenen verbinden, sodafs die Trennung dieser Einzelwirkungen nur möglich ist, wenn das Verhältnis beider zueinander bekannt ist. Deshalb kann sich die Aufgabe, aus den Beobachtungen eines Kometen unter gehöriger Berücksichtigung aller denkbaren Einflüsse die wahre Bahn zu bestimmen, welche der Kometenschwerpunkt unter der Wirkung der Gravitation und des Widerstandes eines Mediums beschreibt, sehr kompliziert gestalten, und gerade die genaue Bestimmung der Umlaufszeit, welche am meisten durch Unsicherheit der Beobachtungen sowohl wie durch Vernachlässigung der kleinen unbekannten Störungen beeinflufst wird, bedarf der gröfsten Vorsicht. Encke hat bei der rechnerischen Verfolgung seines Kometen gewisse Vernachlässigungen zur Abkürzung der Störungsrechnungen gemacht, welch letztere notwendig zur Ermittlung des Einflusses der grofsen Planeten waren; seine Störungsrechnungen waren ferner notgedrungen noch auf die älteren ungenauen Massenwerte der Planeten, namentlich betreffs der der Sonne näheren, aufgebaut. Da aber, wie gesagt, zur genauen Ermittelung einer eventuellen Veränderlichkeit der Umlaufszeit das rigoroseste Vorgehen bei der Bahnbestimmung notwendig ist, so haben

sämtliche Planetenstörungen bis auf 1819 zurück in der neuesten Zeit auf Grund der neueren Planetenmassen und besserer Methoden nochmals ermittelt werden müssen. Diese Arbeit war eine so bedeutende, dafs ein Bureau von Rechnern mehrere Jahre hindurch unter Leitung von Backlund auf Kosten eines Freundes der Astronomie, E. Nobel in Petersburg, mit diesen Rechnungen beschäftigt worden ist. Was nun die Acceleration des Enckeschen Kometen anbelangt, so war Encke bis in die fünfziger Jahre mit der regelmäfsigen früher von ihm angenommenen Beschleunigung bei der Verbindung der Erscheinungen des Kometen in den einzelnen Jahren ausgekommen. Auch nach Enckes Tode, als v. Asten die Weiterführung der Rechnungen übernommen hatte, schien sich die regelmäfsige Beschleunigung des Umlaufs zu bestätigen, bis die Untersuchung der Bewegung des Zeitraumes 1865—71 darthat, dafs die früher angenommene Störung weggelassen werden konnte, dafs also die blofsen Störungen der Planeten ausreichten, Rechnung und Beobachtung während der genannten Epoche in Übereinstimmung zu halten. Eine genaue Revision der Störungsrechnungen Astens durch Backlund hat allerdings ergeben, dafs auch zwischen 1865—71 gewisse kleine Unregelmäfsigkeiten in der täglichen Bewegung konstatierbar sind, die den Betrag der möglichen planetarischen Störungen überschreiten. Die weitere Verfolgung des Kometen durch Backlund bis 1881 zeigte wieder das Auftreten der ziemlich konstant bleibenden Acceleration. Aus der neuen, schon angegebenen Revision der Störungen bis auf 1819 zurück ging ebenfalls das die früheren Rechnungen im allgemeinen bestätigende Resultat hervor, dafs die Acceleration bis 1858 nahe konstant gewesen ist, von da bis 1871 allmählich abgenommen und seit 1871 wieder einen konstanten Betrag erreicht hat. Dieses Schwanken der Acceleration der Umlaufszeit erschüttert die Hypothese von einem widerstehenden Mittel sehr, da dieselbe nur für die Erklärung einer konstanten Zunahme ausreichend ist. Man ist deshalb in neuerer Zeit geneigt, von der Hypothese abzugehen und nach anderen Erklärungsversuchen der Variation Umschau zu halten. Man hat Begegnungen des Kometen mit einem unbekannten Asteroiden vermutet, andere haben das Hervortreten der Variation in dem Ausgleichsprozesse gesucht, der von der Sonne aus innerhalb der 11jährigen Fleckenperiode auf die Bewegung des Kometen wirke, noch andere finden den Grund in lokalen Stoffanhäufungen, Meteoritenschwärmen, deren Existenz im Weltraume der neueren Astronomie sehr wahrscheinlich geworden ist. Im ganzen

genommen mufs also die Lösung der Frage nach der Ursache der schwankenden Beschleunigung beim Enckeschen Kometen als eine sehr schwierige der Zukunft überlassen bleiben. Jedenfalls darf aber die Physik bei der unsicheren Sachlage sich derzeit nicht viel Hoffnung machen, dafs noch am Enckeschen Kometen die Existenz des Weltäthers erhärtet werden könnte.





Die Probleme der Astronomie.*)

Ansprache von S. **Newcomb**
bei der Einweihung des Flower Observatoriums.

Wir sind versammelt, um einem neuen Gebäude die Weihe zu geben, das der Förderung der Himmelskunde gewidmet sein soll. Bei einem solchen Anlafs dürften wohl die astronomischen Probleme der Gegenwart und Zukunft ein geeignetes und interessantes Thema für einen Vortrag darbieten. Überlege ich mir aber den Gegenstand näher, so finde ich, dafs aufser der Schwierigkeit, eine dem vorliegenden Zweck entsprechende Stellung zu diesen Problemen einzunehmen, auch die Einkleidung des Themas nicht ganz den Gedanken zum Ausdruck bringt, den ich damit zu verbinden wünsche. Die sogenannten Probleme der Astronomie lassen sich nämlich nicht unabhängig von einander behandeln, sie stellen vielmehr nur Zweige eines einzigen grofsen Problemes dar, das auf die Vervollständigung unserer Erkenntnis des Weltganzen im weitesten Umfange hinzielt. Wohl läfst sich das Gebäude der astronomischen Wissenschaft, wie es jetzt dasteht, überschauen, ohne auf die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft Rücksicht zu nehmen; es bleibt jedoch Thatsache, dafs unser Wissen vom Universum sich sehr allmählich und stufenweise entwickelt hat. Dieses Wissen beginnt mit den ältesten Zeiten der Menschengeschichte und wird hoffentlich, solange Kultur und Gesittung ihre Herrschaft behaupten, einem erhabenen Ziel entgegengehen. Der Astronom eines jeden Zeitalters hat auf den Fundamenten gebaut, die ihm seine Vorgänger hinterlassen haben, und seine Schöpfungen werden wiederum die Grundlage bilden, auf der künftige Geschlechter weiter bauen. So schaut der Sternkundige unserer Zeit zurück auf Hipparch und Ptolemäus als die Väter seiner Wissenschaft; er kann die Stufenleiter wissenschaftlicher Vererbung von Generation zu Generation, durch die Zeitläufte der arabischen und mittelalterlichen Wissenschaft

*) Aus dem Englischen übersetzt von der Redaktion.

hindurch, von Copernikus', Keplers, Newtons, Laplace und Herschels Tagen bis zur Gegenwart verfolgen.

Die Entwicklungsgeschichte unserer astronomischen Erkenntnis ist, wie gesagt, im allgemeinen langsam und stetig gewesen, und insofern bietet sie auch nur weniges dar, was das Interresse der Allgemeinheit in Anspruch nehmen dürfte. Doch hat diese Geschichte zwei wesentliche Wendepunkte zu verzeichnen. Einen derselben müssen wir in dem grofsartigen Gedanken des Copernikus suchen, dafs unser Wohnsitz, die Erde, keine im Mittelpunkt des Weltalls feste Kugel ist, sondern nur einen aus der Zahl von Körpern darstellt, die um ihre eigenen Achsen schwingen und gleichzeitig um die Sonne als Zentralpunkt ihren Umlauf vollenden. Die wahre Bedeutung dieses heliocentrischen Systems beruht meiner Ansicht nach weit mehr auf der Grofsartigkeit des Gedankens als auf der Entdeckung selbst. In der ganzen Geschichte der Astronomie tritt uns auch keine Persönlichkeit entgegen, welche im höheren Mafse Anspruch hat, die Bewunderung der Menschheit herauszufordern, als diejenige des Copernikus. Selten ist ein grofses Werk so ganz ausschliefslich das Werk eines Mannes gewesen, wie das heliocentrische System das Werk des schlichten Gelehrten von Frauenburg. Auch darin zeigt sich ein bemerkenswerter Gegensatz zwischen der Denkungsart des Forschers zu seiner Zeit und in unseren Tagen, dafs Copernikus, anstatt Gläubige für sein grofses Werk zu sammeln, vielmehr die Verpflichtung fühlte, dieses Werk zu rechtfertigen und, soweit es nur anging, die darin ausgesprochenen Ideen mit denjenigen des Altertums in Einklang zu bringen.

Ein und ein halbes Jahrhundert nach Copernikus erfolgte ein zweiter grofser Schritt, den Newton that. Es handelte sich um nichts Geringeres als um den Nachweis, dafs die scheinbar so verwickelten Bewegungen der Himmelskörper nur Spezialfälle eines grofsèn Bewegungsvorganges sind, durch dieselben Kräfte veranlasst, die wir um uns in Thätigkeit sehen, wenn z. B. der Stein aus der Hand gleitet oder der Apfel zu Boden fällt. Als hiermit die wirklichen Bewegungen der Himmelskörper und die ihnen zu Grunde liegenden Gesetze erkannt waren, war uns der Schlüssel dargeboten, der den Zugang zu den Mysterien des Universums öffnen konnte.

Im Jahre 1656 veröffentlichte Huyghens sein Systema Saturnium und erklärte darin zuerst das Geheimnis der Saturnringe, ein Geheimnis, welches ein halbes Jahrhundert früher die Beobachter am Fernrohr in Verlegenheit setzte. Das Vorwort seines Werkes begann

Huyghens mit der Bemerkung, es möchte wohl mancher, selbst unter den Gelehrten, seine Arbeit mifsfällig aufnehmen, da er so überaus viel Zeit und Mühe einem Gegenstande gewidmet habe, der abseits der Erde liege, während er doch besser seine Studien auf Dinge hätte richten können, die mehr in die Interessensphäre des Menschen eingreifen. Gewifs war der Erfinder der Pendeluhr einer der letzten unter den Astronomen, dem man die Vernachlässigung irdischer Angelegenheiten zum Vorwurf machen konnte, und dennoch fühlte er sich zu einer weitausgreifenden Verteidigung seiner dem Studium des Himmels gewidmeten Lebenslaufbahn veranlasst. In der That, je weiter die Gegenstände im Raume liegen, und fügen wir hinzu, je weiter die Geschehnisse sich in das Dunkel der Zeiten verlieren, um so gröfseren Reiz bieten sie für die Arbeitslust des Astronomen, sofern er nur irgend hoffen kann, eine positive Kenntnis von diesen Dingen zu erlangen. Das geschieht nicht etwa deswegen, weil der Astronom sich mehr für die entfernten als für die näher liegenden Dinge interessiert, sondern weil er auf diese Weise den Anfang und das Ende, sowie die Grenzen aller Dinge vollständiger zu umfassen meint, und so auch vollständiger alles das, was die Dinge in sich schliefsen.

Andere widmen sich ja dem Studium der Natur und ihrer Gesetze, wie sie auf der Oberfläche unseres kleinen Planeten walten, der Astronom dagegen wünscht jene Gesetzmäfsigkeit kennen zu lernen, auf welche das ganze Universum gegründet ist. Die glänzende Vorstellung des Copernikus ist für ihn nichts mehr als eine Einführung in die weit grofsartigere Vorstellung eines unendlich ausgedehnten Raumes, mit einer Schar von Körpern erfüllt, die wir das sichtbare Universum nennen. Wie weit kann sich das Universum erstrecken? Wie grofs sind die Entfernungen der Sterne, und wie beschaffen die Gruppierungen derselben? Stellt das Universum ein einziges grofses System dar? Und wenn dies der Fall ist, sind wir in der Lage, den Plan, der diesem System zu Grunde liegt, von Anfang bis zu Ende mit unserem Verstande zu umfassen? Hat ferner dieses System Grenzen nach aufsen hin, wo nichts weiter existiert als das Dunkel und die sternenlose Tiefe des Unendlichen? Oder endlich sind die Sterne, die wir erschauen, nur solche Mitglieder aus einer unendlichen Schar, die gerade unserem Systeme am nächsten sind? Der Beantwortung einiger weniger von derartigen Fragen sind wir möglicherweise schon jetzt nahe gekommen, immerhin aber dürften noch hundert, tausend, ja selbst millionen Jahre vergehen, bevor eine vollständige Lösung erreicht wird. Und dennoch darf der

Astronom diese Fragen nicht im Sinne Kants als Antinomien betrachten, die da im Gebiete der unlösbaren Dinge liegen, sondern als Fragen, auf welche er wenigstens eine teilweise Antwort zu erlangen hofft.

Das Problem der Ermittelung der Sternentfernungen bietet besonderes Interesse, wenn es im Zusammenhang mit dem kopernikanischen System betrachtet wird. Der schwerste Einwurf, welcher gegen dieses System vorgebracht worden ist, beruht darauf, dafs sich eine scheinbare Parallaxe der Fixsterne früher nicht ermitteln liefs, ein Umstand, der klarer von dem Astronomen als von dem Laien beurteilt werden kann. Wenn nämlich die Erde solch eine gewaltige Kreisbahn um die Sonne beschreibt, wie es Copernikus behauptete, dann müfsten ja bei ihrem Übergange von der einen zur andern Seite dieser Bahn die aufserhalb des Sonnensystems befindlichen Sterne eine entsprechende scheinbare Bewegung im entgegengesetzten Sinne am Himmel ausführen und also rückwärts und vorwärts schwingen nach Mafsgabe der Richtung, in welcher sich die Erde bewegt. Der Umstand, dafs nicht die leiseste derartige Schwingung beobachtet werden konnte, bildete seit der Zeit des Ptolemäus die Grundlage, auf welcher die Lehre von der Unbeweglichkeit der Erde beruhte. Copernikus und seine Nachfolger haben sich einfach über diese Schwierigkeiten hinweggesetzt. Auch scheint die Vorstellung, dafs die Natur nicht Verschwendung mit Raum treiben würde, wenn sie gestattet, dafs ungeheure Strecken in ihr ohne Erfolg zurückgelegt werden, eine von denjenigen gewesen zu sein, von denen sich die Denker des Mittelalters nicht losmachen konnten. Die Betrachtung, dafs eine solche Beschränkung in der Natur durchaus nicht geboten ist, weil die Raumfülle unendlich ist, mochte wohl vom theoretischen Standpunkte anerkannt worden sein, doch hatte man praktisch kein Verständnis dafür. Thatsache ist, dafs, so erhebend auch der kopernikanische Gedanke war, er doch durch den Begriff so ungeheuerlicher Entfernungen von Stern zu Stern, dafs die ganze Erdbahn im Vergleich zu ihnen zu einem winzigen Punkte herabsinken mufste, in seiner Bedeutung herabgesetzt wurde.

Bis zu welchem Umfange sich die daraus erwachsenden Schwierigkeiten fühlbar machten, deutet der Titel eines Buches an, das der dänische Astronom Horrebow etwa zwei Jahrhunderte später veröffentlichte. Dieser fleifsige Beobachter, einer der ersten, welcher sich eines Instrumentes das mit unserem heutigen Meridianinstrument viel Ähnlichkeit hatte, bediente, machte es sich zur Aufgabe,

die Parallaxe der Sterne zu bestimmen. Zu diesem Ende verglich er das Zeitintervall zwischen den Meridiandurchgängen zweier in entgegengesetzter Himmelsrichtung stehender Sterne in einander korrespondierenden Jahreszeiten. Wenn Horrebow, wie er dachte, hiermit Erfolg haben würde, so wollte er seine Beobachtungen und die daraus gezogenen Schlufsfolgerungen unter dem Titel „Copernicus Triumphans" veröffentlichen. Aber leider blieb der Erfolg aus! Was er für eine jährliche Sternschwankung ansah, erwies sich unter der strengen Kritik seiner Zeitgenossen als eine Änderung im Uhrgange, welche durch den Temperaturwechsel von Tag- und Nachtzeit bedingt war. Die Messung der Entfernungen selbst der uns nächsten Sterne entzog sich vollkommen der astronomischen Forschung, bis zu Anfang dieses Jahrhunderts Bessel und Struve thatkräftig in die Wissenschaft eingriffen.

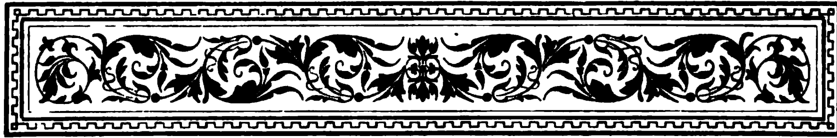
Über manche Punkte, welche das Problem der räumlichen Ausdehnung des Universums betreffen, ist gerade in der Neuzeit einiges Licht verbreitet worden. Beispielsweise ist durch stetige Häufung von Wahrscheinlichkeitsgründen fast zur Evidenz erwiesen worden, dafs die schwächer und schwächer leuchtenden Gestirne höherer Gröfsenklassen, welche die stets wachsende Kraft der Teleskope uns entschleiert hat, nicht etwa in zunehmend gröfseren Abständen gelegen sind, sondern dafs wir hier wirklich die Grenzen des Weltalls vor uns haben. Dieser Umstand gewährt ein besonderes Interesse, weil er mit verschiedenen Fragen, welche die Bewegungsverhältnisse der Sterne betreffen, in Verbindung steht. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird das Problem der Sternbewegungen eines der wichtigsten sein, mit dem sich die Astronomie der Zukunft zu befassen hat. Vor der Hand freilich giebt dasselbe nur zu Vermutungen Anlafs und führt zu Fragen von sehr weitgehendem Charakter.

Selten habe ich ein so wohlthuendes Gefühl der Ruhe gehabt als auf meinen Ozeanreisen zur Sommerszeit, wenn ich einen Platz auf Deck fand, wo ich meinen Gedanken ungestört nachgehen konnte. Dann blickte ich wohl auf zu der Sternenschar mit der Leier über meinem Haupte, und während ich auf die Stöfse der Maschine lauschte, versuchte ich die Hunderte von Millionen Jahren zu berechnen, die verstreichen würden, bis unser Schiff den Stern α Lyrae erreicht, vorausgesetzt natürlich, dafs es durch den Weltenraum seinen Lauf nehmen könnte. Wie schön habe ich mir mitunter eine solche Reise von hundert Millionen Jahren ausgemalt, ohne dafs mir dabei im geringsten eingefallen ist, dafs wir ja wirklich diese Reise nach

α Lyrae ausführen, und zwar mit einer Schnelligkeit, die mit dem Lauf eines Schiffes verglichen überaus geschwinde ist. Jahraus, jahrein, Stunde um Stunde, Minute um Minute, von dem ersten Erscheinen des Menschen auf der Erde, von dem Zeitalter der Pyramidenerbauer durch die Zeiten eines Cäsar und Hannibal, durch die Zeiten eines jeglichen Ereignisses der Weltgeschichte hat nicht nur unsere Erde, sondern auch die Sonne und mit ihr das gesamte Sonnensystem die Wanderung nach dem erwähnten Sterne ausgeführt, eine Wanderung, von der wir weder Anfang noch Ende kennen. So lange die Menschheit existiert, hat sich unser ganzes Sonnensystem auf diesem Wege bewegt, und zwar mit einer Geschwindigkeit, die wahrscheinlich 10 bis 13 km in der Sekunde beträgt. Wir sind in diesem Augenblick Tausende von Meilen näher bei α Lyrae, als wir es bei Beginn unserer Unterhaltung waren, und in jedem zukünftigen Moment, in den tausend und aber tausend Jahren, die da noch kommen, wird die Erde und alles, was auf ihr ist, dem Sterne α Lyrae näher sein, oder doch wenigstens näher dem Orte, wo der Stern sich jetzt befindet. Wann werden wir den Stern erreichen? Wahrscheinlich in weniger als einer Million Jahren, vielleicht in einer halben Million. Genau können wir dies nicht sagen, aber hingelangen müssen wir denn doch einmal, wenn anders die Gesetze der Natur und die Gesetze der Bewegung dem allgemeinen Gesetze der Kontinuität unterworfen sind. Es war ein eitler, schöner Wunsch der Philosophen, die Sterne zu erreichen, und jetzt sehen wir, dafs die gesamte Menschheit an der Verwirklichung dieses Wunsches in gewissem Sinne teilnimmt, insofern nämlich eine Geschwindigkeit von 10 oder 13 km in der Sekunde uns diesem Ziele näher bringt.

(Schlufs folgt.)





Ein Kalender aus dem Jahre 1696.

Von **A. Biehl** in Potsdam.

Noch zu Anfang dieses Jahrhunderts hatte der Kalender für die grofse Menge des Volkes, besonders für die Landleute, eine bei weitem hervorragendere Bedeutung als gegenwärtig. Neben Bibel und Gesangbuch, beziehungsweise Postille und Gebetbuch, war er häufig das einzige Buch, aus dem der Bauer seine geistige Nahrung entnahm, dessen Inhalt er an den langen Winterabenden mit löblicher Ausdauer studierte. Der Kalender durfte deshalb nicht nur ein möglichst vollständiges Kalendarium enthalten; er mufste auch Aufschlufs erteilen über Witterungsverhältnisse, Haus- und Landwirtschaft, Viehzucht, Gesundheitspflege und dergleichen mehr. Daneben war auch unterhaltender Stoff sehr erwünscht; besonders standen im Ansehen moralisierende Erzählungen und möglichst grobkörnige Witze. Wenn auch der Kalender der Jetztzeit noch viel von seinen Vorgängern beibehalten hat, so besitzt er doch nicht im entferntesten mehr die Bedeutung, die jener hatte, und ist mehr oder weniger zu einem blofsen Geschichtenbuch hinabgesunken.

Die Kalender der früheren Jahrhunderte zeigen in noch weit höherem Grade die oben erwähnten Eigentümlichkeiten. Vor mir liegt ein Büchlein in Quartformat, dessen Titel lautet:

Alter und Neuer
Schreib-Calender,
Aufs Jahr nach unsers Herrn
und Seligmachers Jesu Christi Gebuhrt
M DC XCVI.
Ist das 424. Schalt-Jahr,
Nach dem Alten und Neuen Stylo,
Nebenst vielen Regulen und Historien, wie auch Römischen-
und einem besonderen
Haufs-Calender,

Mit Fleifs gestellet durch
Johannem Meyerum.
Quedl. Saxon.
Mit Churfürstl. Durchl. zu Sachsen gnädigster Freyheit,
nicht nachzudrucken.
Braunschweig,
Gedruckt und verlegt durch Chr. Friedr. Zilligers Erben.

Wie es noch jetzt üblich ist, beginnt der Kalender mit einer Aufführung der verschiedenen Epochen, von denen ab das Jahr gerechnet werden kann: Erschaffung der Welt, Krönung Karls des Grofsen u. s. w. Darauf werden die Daten zur Berechnung des Osterfestes (Goldene Zahl, Sonnenzirkel, Epakten, Sonntagsbuchstabe) und die christlichen Feste angegeben.

Das nun folgende, für jeden Monat doppelseitig angeordnete Kalendarium giebt auf der linken Seite zunächst die Tage des alten Kalenders, dann die Stellung des Mondes nach Himmelszeichen. In der dritten Spalte, überschrieben „Zeichen, Zeit und Gewitter auf beide Calender 1696“, findet man Angaben über den Eintritt der Mondphasen, die Stellung der Planeten, zu denen auch die Sonne gerechnet ist, Wetterprophezeiungen für jeden Tag, Bezeichnung der Tage, die günstig sind zum Aderlassen, Schröpfen, Kinderentwöhnen, Haareschneiden, Säen; ferner einzelne Weisheitsregeln (z. B. O Grofser, nimm dich wol in acht, es wird dir heimlich nachgetracht) und Voraussagungen sehr allgemeiner Natur über kommende Ereignisse (z. B. Wunderliche Händel gehen hier vor). Die beiden folgenden Rubriken enthalten den neuen bezw. den römischen Kalender. — Am Fufse der Seite finden sich kurze Angaben über Tag- und Nachtlänge, Sonnen-Auf- und Untergang; z. B. für Mai (Majus): Nun ist der Tag lang 16. Stunden. Und die Nacht kurtz 8. Stunden. Und gehet die Sonne auf 4. Uhr, Unter nach 8. Uhren.

Die rechte Seite giebt eine Übersicht über „Monatliche Witterung nach des Mondes Abwechselung“ in folgender Weise: Junius. Das volle Licht findet sich ein den 5. (15. N. C.*)) Junii, Nachmit. um 10 Uhr 44 Min. Deutet auf trübes, windig und regnerisches Wetter. Das Letzte Viertel u. s. w.

Von besonderem Interesse ist die zweite Columne dieser Seite, überschrieben „Haufs-Calender oder Monatsbüchlein“. Sie giebt z. B. für September nachstehende Bemerkungen:

*) Neuer Calender.

Herbstmonat.

Nun beginnet der Bauer zu dreschen, und allerley Übermaſs, die er vor sein Hauſs nicht bedarff, in die Stadt zu führen, und zu verkauffen, daher dieses fast die beste Zeit im gantzen Jahr, darinnen alle Nothdurfft am besten zu bekommen. — — —

Zwischen Bartholomäi und Michaelis ist die beste Fischerey.

Vierzehn Tage vor Michaelis, und vierzehn Tage nach Michaelis ist der beste Vogelfang.

Für erfrohrne Glieder.

Nim̄ Quitten-Kern, zerstoſſe sie ein klein wenig, und lege sie in Nachtschatten-Wasser, lasse sie einen Tag darinnen liegen, so geben sie einen Schleim von sich, den schmiere auf den erfrohrnen Ort, es sey offen oder nicht, so tilget es allen Frost und heilet die offenen Schäden wieder zu.

Der Rest dieser Seite ist für Notizen bestimmt; der ursprüngliche Besitzer des Kalenders hat nur beim 27. Juli etwas notiert.

Am Fuſse der Seite findet sich ein sich über alle Monate fortsetzender Bericht über „Denckwürdige Begebnissen des 1694. Jahres". Es sei mir gestattet, einen Teil von diesem Bericht in vollem Umfange hier wiederzugeben:

Im Monat Februario sind denen Frantzosen von einem Soldaten aus Aeth, welcher zu Mons heimlich Feuer eingeleget, bey fünff tausend Rationes Heu verbrannt, und dieser von Sr. Churfürstl. Durchl. in Bayern mit einer Standart, 3. Pferden und 50. Pistolen recompensiret worden. Den 2. (12.) April sind etliche Frantzosen, wegen Mangel des Brodts, aus groſser Hungers-Noht getrieben worden, daſs sie nahe bei Neustadt in der Pfaltz, ein verrecktes Pferd mit samt der Haut in Stücken zerschnitten, und zu ihrer Unterhaltung mit sich in ihr Quartier genommen und verzehret haben, dergleichen auch anderwerts geschehen. Woraus die gerechte Straffe Gottes handgreifflich abzunehmen, indeme männiglich noch erinnerlich und bekannt ist, wie diese barbarischen Leute vor etlichen Jahren mit denen lieben Früchten und Wein in der Pfaltz und angrentzenden Orten so unverantwortlich verfahren, massen sie die erstere in das Feur und Wasser geschüttet, und den Wein schändlicher weise in die Keller und s. v. Koht lauffen lassen.

Zu Anfang des Monats Junii hat sich in der Pfaltz auf dem Hundsrück eine Art fremder Vögel, in der Grösse als Krammets-Vögel, mit einem gelben Kopff und weissen Strich um den Hals,

deren Flügel, Schweiff und übrige Federn schwartz, gelb und weiſs durch einander gesprengt gewesen, und die an sich selbst einen lieblich und gantz niemahls gehörten Gesang geführt, in groſser Anzahl


Alter und Neuer
Schreib-Calender/
Aufs Jahr nach unsers HErrn
und Seligmachers JEsu Christi Geburt
M DC XCVI.
Ist das 424. Schalt-Jahr/
Nach dem Alten- und Neuen Styl/
Nebenst vielen Regulen und Historien/ wie auch Römischen-
und einem besondern
Hauß-Calender/
Mit Fleiß gestellet durch
JOHANNEM MEYERUM,
Quedl. Saxon.
Mit Churfürstl. Durchl. zu Sachsen gnädigster Frey-
heit/ nicht nachzudrucken
Braunschweig/
Gedruckt und verlegt durch Chr. Friedr. Zilligers Erben.

sehen lassen. Mitten im Monat Julio hat sich auch eine groſse Anzahl Vögel, Nimmersatt genannt, ohnfern der Türckis. Festung Griechisch-Weissenburg in Hungarn sehen lassen, welche mit fünff dazu gekommenen Adlern in einen Streit gerahten, in welchem die

Adler anfangs den kürtzeren gezogen, so, dafs über diesem Kampff die Türcken gewaltig gefrolocket, und solchen vor ein gutes Zeichen ausgedeutet, allein es haben kurtz hernach die Adler sich wieder recolligiret, und das Gefecht von neuen angefangen, also dafs, ungeachtet dieser nur fünff gewesen, dennoch die Vielheit der Nimmersatt den Adlern, die jene dermassen in der Luft geopffert, dafs die Federn davon häufig auf die Erde gefallen, das Feld räumen, und mit der Flucht das Leben erretten müssen.

Im Heumonat kame die Engel- und Holländische Flotte vor Diepe an, um selbigen Ort zu bombardiren ....

Darauf giebt der Kalender eine Erklärung sämtlicher im Kalendarium gebrauchten Zeichen („Characteren"), sowie Regeln für Haar- und Nägelabschneiden; sodann folgt der zweite Teil mit der Überschrift: Prognosticon Astro-Phaenomenologicum, das ist: Natürliche Beschreibung des Gewitters und anderer Zufälle dieses itzt geltenden Calenders, wie die durch himmlische Influentz angetrieben werden, und nach dem Lauff der Natur sich erzeigen und erweisen dürfften." Unter dieser Ankündigung ist mehr zu suchen, als sie anzuzeigen scheint; denn die beiden ersten Kapitel sind rein astrologischen Inhalts. Wovon das erste mit der Überschrift „Vortrag zu der Astronomia" handelt, das ergiebt sich aus den Einleitungsworten: „Unsere bifshero alljährlich mitgetheilten Discurs vom Nativität-Stellen noch ferner, auch difs Jahr, dem geneigten Leser mitzutheilen, ist wissend, dafs wir von der Cur des Leibes vor einem Jahr haben angefangen zu handeln, wollen also vor difsmal in solcher les-würdigen Materie anitzo wieder fortfahren, und zwar von den Aspecten des Mondes den Anfang machen". Das zweite Kapitel hat die Überschrift: „Von dem Calender insgemein, und zwar vor difsmal von der wahren Eigenschafft, Krafft und Wirkung der Planeten, soviel zum Nativität-Stellen erforderlich".

Das dritte Kapitel „Von den IV. Quartalen und Jahreszeiten" ist durch die Darstellungsweise so interessant, dafs ich mir nicht versagen will, den zweiten Abschnitt „Von dem Frühling" hier vollständig wiederzugeben.

„Der holdseelige und anmuhtige Frühling wird von den Sternkündigern angefangen, wan̄ das erfreuliche Sonnen-Licht sich durch alle Mittägige Zeichen begeben, und nunmehr sich das erste mahl in den Aequinoctial-Cirkel begiebt, und zwar im 0. grad des Widders, wodurch Tag und Nacht uns das erstemal gleich gemachet wird. Solches nun trägt sich zu den 9. (19. N. C.) Martii, Nachmittag um

1. Uhr 12. min., da zur selbigen Zeit im Morgen sich lässet sehen der 7. grad des Löwen. Im Abend verbirget sich der 7. grad des Wassermanns. Im Mittag lässet sich blicken der 19. grad des Widders, und in Mitternacht stehet der 19. grad der Waag. Die Planeten haben ihnen folgende Häuser zu bewohnen ausersehen. Die Sonne befindet sich am hohen Himmel im 0. grad des Widders, woselbst auch Mercurius im 7. grad 10. min. des Widders sich aufhält, und zwar rückgängig. Der Mond lässet sich blicken im III. Haufs, im 7. grad 14. min. der Waag. Daselbst hat auch Jupiter seinen Aufenthalt, und zwar rückgängig im 20. grad 12. min. der Jungfrauen. Mars hat seinen Aufenthalt im I. Haufs im 23. grad 23. min. des Löwen, und ist gleichfalls rückgängig. Die Venus residiret im VII. Haufs im 18. grad 51. min. des Wassermanns. Saturnus hat ihme das VI. Haufs zur Wohnung ausersehen, und zwar stehet er im 25. grad 32. min. des Steinbocks. Das Drachenhaupt befindet sich im V. Haufs im 0. grad 24. min. des Schützen, und der Drachenschwantz stehet im XI. Haufs im 0. grad 24. min. der Zwilling. Allem Ansehen nach, wann wir diese Frühlings-Constellation etwas genauer betrachten, so können wir nicht anders muhtmassen, als dafs wir einen fruchtbaren Frühling überkommen werden, da lieblich und anmuhtiger Sonnenschein uns viel schöne Tage verschaffen wird.“

Die folgenden Kapitel führen die Überschriften: Von den Finsternissen dieses 1696sten Jahres; Vom Übel über Übel, oder fressenden Unglück dem Krieg; Von der Menschen sichern Leben, schmertzlichen Krankheiten und unausbleiblichem Tode; Von den Gewächsen der Erden und des Landes Fruchtbarkeit. Sie enthalten, mit Ausnahme des ersten, einige allgemeine Bemerkungen und geben kurze Prophezeiungen für das Jahr: Krieg an vielen Orten, schädliche und tötliche Krankheiten (hitzige Fieber, ansteckende Seuchen), Fruchtbarkeit und reiche Ernte.

Zwischen diese Kapitel ist eine Erzählung eingeflochten „Der Frantzösische schändliche Verleumder“, die einige verfängliche Stellen hat und heutzutage wohl kaum in einen Kalender als Unterhaltungsstoff aufgenommen werden würde.

Ein „Bericht vom Aderlassen“ beweist, welchen ausgedehnten Gebrauch die damalige Heilkunst von dem Blutentziehen machte, und dafs kein Körperteil hiermit verschont wurde. An einer menschlichen Figur („Lafs-Männlein“), welche von den Bildern des Tierkreises umgeben ist, wird gezeigt, auf welche Körperteile in den einzelnen Zeichen ein Aderlafs gut, mittel oder böse wirkt.

Regeln zum Baumfällen, Säen und Pflanzen, ein Verzeichnis der in Braunschweig ankommenden und abgehenden Posten, eine Zusammenstellung der Jahrmärkte, Angaben über Mafse, Münzen und Gewichte, Umrechnungstabellen bilden den Schlufs.

Vieles gab demnach ein Kalender jener Zeit, was wir auch noch in unseren heutigen Kalendern finden. Manches aber suchen wir jetzt nicht mehr darin, und manches, was wohl mehr Schaden als Nutzen angerichtet haben mag, hat der fortschreitenden Bildung weichen müssen. Betrachtet man freilich die schwülstige und dunkle Sprache der meisten Artikel, so ist wohl anzunehmen, dafs die Mehrzahl der Leser nicht im stande war, den Sinn vieler Auseinandersetzungen zu fassen; sie konnten daher dem Landmanne, der an den langen Winterabenden den Kalender studierte und wieder studierte, nicht besonders nachteilig sein, und er ergötzte sich wohl vielfach nur an den hochtönenden, geheimnisvoll klingenden Redewendungen.





Photographische Aufnahmen von Kometen.

Erfolgreiche Versuche zur photographischen Abbildung von Kometen sind erst in jüngster Zeit angestellt worden, wesentlich unterstützt durch die Fortschritte in der Herstellung sehr empfindlicher Platten und durch eine glückliche Auswahl der Aufnahme-Instrumente. Welche Bedeutung dergleichen Arbeiten haben, braucht kaum auseinandergesetzt zu werden, denn es ist ohne weiteres klar, dafs nur objektiv getreue Darstellungen, wie sie die Photographie in unerreichter Schönheit liefert, uns die Mittel zur Beantwortung der zahlreichen noch schwebenden Fragen im Gebiet der Kometenforschung an die Hand geben können.

Den ersten gelungenen Versuch einer Kometenaufnahme verdanken wir Janssen, der den sogenannten Juli-Kometen des Jahres 1881 bei halbstündiger Exposition auf einer Bromsilberplatte festhielt. Seither sind mit immer wachsendem Erfolge solche Aufnahmen in gröfserer Zahl an verschiedenen Sternwarten geglückt.[1])

Ohne auf die Natur der Kometen und ihre Begleiterscheinungen im allgemeinen näher eingehen zu wollen, worüber in dieser Zeitschrift wiederholt eingehend berichtet worden ist,[2]) sei nur darauf verwiesen, dafs es vorwiegend die Fluktuationen innerhalb der Kometenmaterie und die eigenartigen Phänomene der Schweife sind, deren Verfolgung als eine der vornehmlichsten Aufgaben der Himmelsphotographie bezeichnet werden darf. Insbesondere hat sich die merkwürdige Thatsache enthüllt, dafs fast alle Kometen, welche bisher photographiert werden konnten oder wurden, auch wenn im Fernrohr keine oder nur ganz kurze unbedeutende Schweife zu sehen waren, solche in nicht unbeträchtlicher Länge aufwiesen.

---

[1]) Vgl. auch die Abbildung des Kometen Holmes, Himmel und Erde, Jahrgang 5, Seite 188.

[2]) Siehe darüber Himmel und Erde, Jahrgang 2, Seite 332 ff.; Jahrgang 4, Seite 580 ff.; Jahrgang 6, Seite 282 ff.

Die gewöhnlichen Fernrohre mit langer Brennweite, aber auch die besonders konstruierten photographischen Teleskope (z. B. diejenigen, welche für die Herstellung der photographischen Himmelskarte bestimmt sind), können wegen ihres kleinen Gesichtsfeldes, das sie gleichzeitig überdecken, für den vorliegenden Zweck nicht recht Verwendung finden; sie stehen in dieser Hinsicht anerkanntermafsen den eigentlichen photographischen Objektiven mit kurzer Brennweite und relativ grofser Lichtstärke nach, wie solche namentlich für Auf-



Photographische Aufnahme des Kometen Bordame-Quénisset.
Von W. G. Hussey. 12. Juli 1893, $9^h 0^m$ — $10^h 12^m$ exp.

nahmen der Milchstrafse und für die Aufsuchung und Verfolgung der kleinen Planeten, d.h. überall da, wo es auf die gleichmäfsig scharfe Abbildung eines möglichst grofsen Gebietes des Himmels ankommt, seit einer Reihe von Jahren nach dem Vorgange von Professor M. Wolf in Heidelberg mit bestem Erfolg in Gebrauch gekommen sind. Leider türmt sich hier wieder eine andere, unter Umständen kaum zu überwältigende Erschwerung der Arbeit auf, die ihren Grund in der meist beträchtlichen eigenen Bewegung der Kometen und in den stets bescheidenen Dimensionen und der geringen Lichtstärke des zum Pointieren bestimmten Hilfsfernrohres begründet liegt. So kommt es, dafs das Halten oder Nachführen des ganzen Instrumentes während der

Belichtung nicht blofs dauernd die ungeteilte Aufmerksamkeit des Beobachters in Anspruch nimmt, sondern zugleich eine nicht zu unterschätzende, ermüdende Geduldsprobe für den Astronomen darstellt.

Um unseren Lesern einen Begriff von den Erfolgen der Kometenphotographie zu geben, bilden wir in unserem Titelblatt und auf Seite 88 zwei Photographien des Anfang 1893 erschienenen Rordameschen Kometen ab. Dieses Gestirn war in den ersten Tagen seiner Erscheinung ein ziemlich auffälliges und noch mit freiem Auge sichtbares Objekt, das aber im Fernrohr nur einen kurzen Schweif zeigte. Im Gegensatz dazu lehrt der Anblick der Photographien, dafs in Wahrheit der Schweif eine nicht unbedeutende Ausdehnung besessen hat. Es erklärt sich dieser Unterschied, der wiederum für den Vorzug der photographischen Methode spricht, daraus, dafs das Kometenlicht sehr viele aktinische, d. h. photographisch wirksame Strahlen enthält, und sich deshalb in vergleichsweise kurzer Zeit auf der photographischen Platte fängt; anderenfalls würden namentlich die schwächeren Kometen wohl nur bei Verwendung der gröfsten Fernrohre brauchbare Bilder mit einigem Detail ergeben. Nichtsdestoweniger ist die erforderliche Expositionszeit auch unter gewöhnlichen Umständen und bei helleren Kometenerscheinungen immer noch reichlich grofs.

Die Spuren der Sterne sind auf unseren Abbildungen zu Strichen ausgezogen, deren Länge und Richtung ersichtlich den Sinn und die Gröfse der eigenen Bewegung des Kometen repräsentiert; intermittierend sind übrigens diese Sternstriche, weil in der Regel nur in Intervallen von einigen Minuten bei der Nachführung eine Verstellung des Aufnahme-Apparates mit Hilfe der Feinbewegungseinrichtungen vorgenommen wird, um das Kometenbild dauernd auf die nämliche Stelle der photographischen Platte fallen zu lassen.

Interessant und lehrreich ist auch ein Vergleich zwischen den beiden Aufnahmen, aus dem man erkennt, wie im Zeitraum eines einzigen Tages in einem sonst anscheinend regelmäfsig geformten Kometen auffällige Umlagerungen der Materie, Knotenbildungen, Veränderungen der Schweifgestalt sich vollziehen, Dinge, deren sorgfältiges Studium zweifellos über die noch strittige Natur der Kometenschweife und andere damit in Zusammenhang stehende Fragen Aufklärung bringen wird. G. W.



Neuer Komet.

Im Sternbilde der Giraffe wurde von C. D. Perrine auf der Lick-Sternwarte ein neuer Komet aufgefunden, der nach den Angaben des Entdeckungstelegramms in der Helligkeit eines Sternes der 8. Gröfse leuchtet und einen kleinen Schweif besitzt. Aus einer Beobachtung des Gestirns an der Marine-Sternwarte zu Pola ist ersichtlich, dafs der Komet eher etwas schwächer ist und gegenwärtig mit mäfsiger Geschwindigkeit ziemlich genau gegen den Nordpol des Himmels sich bewegt. Eine neuere Beobachtung am 12-zölligen Refraktor der Urania zeigte den Kometen als kleines, verwaschenes Objekt mit deutlich gekrümmtem Schweif von etwas mehr als 1 Bogenminute Länge. G. W.



Die November-Sternschnuppen, welche wegen der Lage ihres Strahlungspunktes im Sternbilde des Löwen auch Leoniden genannt werden, versprechen in den nächsten Jahren wieder in besonders glanzvoller Fülle aufzutreten, und die Astronomen rüsten sich selbstverständlich eifrigst, um durch planmäfsige Beobachtung des Phaenomens bei dieser Gelegenheit über einige noch schwebende Fragen in Bezug auf diesen merkwürdigen Meteorschwarm volle Klarheit zu gewinnen. — Wie wohl vielfach bekannt, erregte dieser Sternschnuppenschwarm zum ersten Mal im Jahre 1799 aufserordentliches Aufsehen, und ähnlich reiche Sternschnuppenschauer wiederholten sich am 13. November in den Jahren 1833 und 1866, während die dazwischen liegenden Jahre an dem betreffenden Tage zwar ebenfalls Sternschnuppen vom gleichen Radiationspunkte aufzuweisen hatten, ohne dafs jedoch das Phaenomen sich besonders auffällig dargestellt hätte. Nun wurden von Leverrier und Schiaparelli genäherte Bahnelemente für diese kosmische Wolke, die offenbar in etwa 33 1/4 Jahren die Sonne einmal umkreist hatte, berechnet, und siehe da, es zeigte sich eine vollkommene Übereinstimmung derselben mit den Elementen des eben erst beobachteten Kometen 1866 I. Der wunderbare und später bald auch durch andere Beispiele belegte Zusammenhang zwischen den Kometen und Sternschnuppen war damit ans Licht gekommen, und die kleinen Himmelsfünkchen, welche bis dahin nur als von ungefähr mit der Erde kollidierende Weltallsmücken gegolten, lenkten nunmehr die Aufmerksamkeit aller Sternkundigen in hohem Grade auf sich; waren sie doch nunmehr erst als Teile wirklicher, im Fernrohre sichtbarer und noch dazu äufserst rätselhafter Weltkörper

sozusagen legitimiert, von den Augen eines Astronomen beachtet zu werden.

Die meteorische Wolke, mit welcher die Erde im Jahre 1866 zusammengetroffen, wird nun 1899 ihren Umlauf um die Sonne abermals vollendet haben, und für den 15. November 1899 steht wiederum ein glänzender Sternschnuppenregen zu erwarten. Leider wird jedoch die Beobachtung des für die Morgenstunden vorausberechneten Phaenomens durch das Licht des fast vollen Mondes eine beträchtliche Einbufse erleiden. Um so wichtiger ist es daher, auch schon in den voraufgehenden beiden Jahren die Novembermeteore eifrig zu beobachten, denn bei der grofsen Ausdehnung derartiger Meteorschwärme, die im Laufe der Jahre durch die störenden Anziehungswirkungen der Himmelskörper des Sonnensystems nur vergröfsert werden kann, dürften wir auch schon im laufenden Jahre einige Aussicht haben, mit einem dichteren Schwarm als gewöhnlich zusammenzutreffen. Allerdings sind nach Dennings Vorausberechnung die Chancen für das gegenwärtige Jahr auch keine günstigen, da wir den dichtesten Teil des Schwarms am 14. November um Mittag passieren, also von den unsere Lufthülle durchsausenden Körperchen der Tageshelle wegen nichts werden sehen können. Auch für Amerika, das sonst vor Sonnenaufgang sehr wohl auf ein glänzendes Phaenomen würde zählen können, dürfte der noch fast volle Mond sehr störend wirken. Bei weitem günstiger stellen sich die Aussichten für das nächste Jahr (1898), da alsdann der Mond völlig unsichtbar sein, und das Zusammentreffen mit dem zentralen Teil der Wolke für Europa in die früheren Abendstunden des 14., mit den von Marsh aus den Beobachtungen von 1865—1868 abgeleiteten Seitenströmungen dagegen in die ersten Morgenstunden des 14. und 15. November fallen wird. Besonders diese Seitenströmungen werden, wenn sie überhaupt reell existieren, gut zu erkennen sein, während die Zahl der dem zentralen Teil angehörigen Sternschnuppen deswegen nicht besonders grofs sein wird, weil der Radiationspunkt zur Zeit des Zusammentreffens mit der Erde sich noch unter dem Horizont von Europa befindet, oder mit anderen Worten, weil der eigentlich in die meteorische Wolke eindringende Erdteil nicht Europa, sondern Asien sein wird.

F. Kbr.



Physik und Chemie auf der britischen Naturforscher-Versammlung zu Toronto.[1])

Das diesjährige Rendezvous der britischen Naturforscher fand jenseits des grofsen Wassers in Toronto, der Universitätsstadt Kanadas statt. Die Eröffnungsreden der einzelnen Abteilungen waren, wie immer, sehr wertvolle zusammenfassende Darstellungen irgend eines Teilgebietes auf historischer Grundlage. So war von besonderem Interesse der von Prof. H. Marshall Ward vorgetragene Abrifs der bakteriologischen Wissenschaft als einer botanischen Disziplin, die sie ja in der That ist. Eine musterhaft klare Behandlung fand die höhere Mathematik durch Prof. Forsyth; an der Hand einer grofsen Anzahl vortrefflich gewählter Beispiele gelang es ihm nachzuweisen, dafs diese Wissenschaft, wie jede andere, ihre Bestimmung in sich selbst trage, dafs sie zwar ihre Anregungen sehr oft aus der Physik, der Geometrie, der Astronomie und anderen exakten Wissenschaften erhalten habe, aber die Probleme, die sie sich selbst stelle, schon darum von Wert sind, weil man ja nicht voraussehen könne, welche Bedeutung sie später für eine Naturwissenschaft gewinnen können. Das Beispiel der par excellence reinen mathematischen Funktionenlehre zeigt dies aufs deutlichste: die astronomische Theorie in den Händen eines Poincaré kann von derselben den ausgiebigsten Gebrauch machen und ist füglich ohne sie undenkbar; alle Fortschritte der Himmelsmechanik werden nur auf funktionentheoretischer Grundlage zu gewinnen sein. Alle Anklagen, die man gegen eine zu weitgehende Berücksichtigung der Mathematik im Universitätsunterrichte gerichtet hat, müssen hiernach verstummen, und der Altmeister der physikalischen Wissenschaft, Lord Kelvin, konnte mit Recht sagen, dafs keiner in der Versammlung, der Forsyths Rede gehört habe, im Zweifel sein könne, dafs er lieber zur mathematischen als zur nichtmathematischen Klasse gehören wolle.

Lord Kelvin selbst glänzte wieder durch seine universelle Bildung und eine seiner eigentümlichen genialen Denkweise entsprechende Spekulation über die Vorräte an Luft und Kohle in der Welt. Da die Erde aller Wahrscheinlichkeit nach am Anfang feuerflüssig war, so gab es ursprünglich keine organischen Brennmaterialien wie auch keinen freien Sauerstoff. Wahrscheinlich hat sich also die Bildung des atmosphärischen Sauerstoffes derart vollzogen, dafs das Sonnenlicht auf Pflanzen einwirkte, die in fast reiner Kohlen-

[1]) Nature, 1897, Sept. 9. S. 461 ff.

säure lebten. Der jetzt vorhandene Sauerstoff stellt eine derartige Menge dar, dafs sie mit einer Drittel Trillion Kilogramm Kohle sich zu Kohlensäure verbinden könnte. Mehr brennbare Stoffe können also auf Erden niemals wieder oxydiert werden. Damit haben wir also eine obere Grenze für die wirklich brennbaren Vorräte auf Erden erlangt. Für Grofsbritannien beträgt dieser Vorrat nach der Schätzung einer im Jahre 1881 in England eingesetzten Kommission 148 Billionen Kilogramm. Freilich ist dieser Wert, den die britische Hauptinsel liefert, gröfser als der Durchschnittswert für unsern Planeten, aber jedenfalls folgt daraus, dafs der über Britannien lastende Sauerstoff für die Verbrennung der Kohlenvorräte dieses Landes durchaus unzureichend ist, und so dürfte es wahrscheinlich für die ganze Erde sein. Hieraus geht hervor, dafs jene Furcht, das tierische und menschliche Leben könne dermaleinst aus Mangel an Kohlevorräten zu Grunde gehen, durchaus nicht berechtigt ist. Eher ist anzunehmen, dafs das Leben auf dem Planeten dem Tode durch Erstickung verfallen wird.

Wie lange die wärmende Energie der Sonne ausreichen wird, um den Organismen den Aufenthalt auf Erden zu gestatten, ist eine andere oft erörterte Frage, die Prof. Fitzgerald nach seinen Rechnungen dahin beantwortete, dafs dieselbe ausreichend sei, um 5 Personen auf jedem Quadratmeter Landes Lebensunterhalt zu gewähren. Demnach ist klar, dafs auch von dieser Seite keine Gefahr für das Erlöschen des Lebens droht.

Die Lebensluft fand noch eine andere Berücksichtigung. Es ist den Professoren Runge und Paschen gelungen, das Sauerstoffspektrum in sechs Serien aufzulösen, nämlich in zwei Hauptserien mit je zwei Nebenreihen, wobei die Linien der einen Hauptreihe und der zugehörigen Nebenreihen dreifach waren. Damit ergiebt sich, dafs auch das Sauerstoffspektrum den Charakter des Heliums besitzt.[2]) Für dieses hatten die genannten Herren bekanntlich geschlossen, dafs es aus zwei wesentlich verschiedenen Bestandteilen bestehen müsse, die zu trennen der chemischen Praxis noch nicht gelungen sei. Da für den Sauerstoff bisher kein Anhalt vorhanden ist, dafs er eine Mischung verschiedener Gase darstelle, so ist nun diese Hypothese auch für das Helium aufzugeben.

Ebenso fanden Runge und Paschen noch, dafs auch die Spektra von Schwefel und Selen für sich eine Hauptserie und zwei Nebenserien von Linien liefern, aber in beiden Fällen tritt noch eine Linie auf,

[2]) H. u. E. Bd. VIII S. 185, IX S. 157.

die in keine der Reihen hineinpafst, also vielleicht die Hauptlinie einer sonst noch unentdeckten Serie darstellt. Prof. Ramsay, der geniale Entdecker des neuen Gases, sprach in einem ausführlichen Berichte über die von ihm angewendeten Methoden auch seine Ansicht dahin aus, dafs das Helium in den verschiedenen Mineralien, in denen man es angetroffen hat, nicht chemisch gebunden ist, sondern nur okkludiert, wie z. B. der Wasserstoff im Platin und im Palladium. Unter die Eigenschaften der Gase, die ihm bei Untersuchung der Lichtbrechung durch dieselben auffielen, gehört auch die, dafs bei Mischung von Helium und Wasserstoff eine Ausdehnung stattfindet, während beim Mischen von Stickstoff und Sauerstoff Kontraktion eintritt. Damit betreten wir das noch recht unerforschte Gebiet der Viskosität von Gasmischungen, eine Eigenschaft, welche dem Grade der Flüssigkeit der tropfbaren Stoffe entspricht.

Aus der Spektralforschung ist eine Reihe bemerkenswerter Ergebnisse zu melden. So ist es W. J. Humphreys mit dem grofsen Spektralgitter der John Hopkins-Universität gelungen, einen Einflufs des Druckes der umgebenden Atmosphäre auf die Verschiebung der Linien in den Spektren der Metalle nachzuweisen. Mit wachsendem Druck nimmt die Wellenlänge der Linien zu, sie wandern demnach nach dem roten Ende des Spektrums hin. Die Verschiebung ist der Gröfse nach von derselben Ordnung wie die Dopplersche, die bekanntlich eine Folge der Bewegung der Lichtquelle ist; sie kann aber von dieser im Spektrum eines Himmelskörpers dadurch unterschieden werden, dafs sich die zu Haupt- und zu Nebenreihen gehörigen Linien durch den Druck in verschiedener Weise verschieben, während sie im Spektrum eines sich von uns entfernenden Körpers alle in gleichem Mafse wandern. Prof. Schuster hat eine interessante Methode erdacht, um die Geschwindigkeit der Metallteilchen in den elektrischen Funken zu finden. Er photographiert nämlich das Spektrum eines solchen Funkens auf einer Platte, die sich sehr rasch rechtwinklig zum Spalte des Spektroskopes verschiebt. Die Geschwindigkeit beträgt 400 bis 2000 m in der Sekunde, ist also von der Gröfsenordnung derjenigen der Kanonenkugeln. Prof. Zeeman hat eine Wirkung des Magnetismus auf Spektrallinien entdeckt. Dieselben werden zerspalten, so dafs ein dunkler Raum zwischen den beiden Teillinien entsteht, der nicht etwa blofs durch die Absorption von Licht in der die Flamme umgebenden Region hervorgebracht wird. Diese Versuche demonstrierte Prof. Lodge. Über die Natur des Leuchtens eines elektrischen Lichtbogens sprachen Prof. Crew und O. H. Basquin. Indem sie einen

in sehr kurzen Intervallen zu unterbrechenden Strom zwischen einem Eisendrahte und einer rotierenden Eisenscheibe benutzten und den Bogen in den stromlosen Zeitteilchen beobachten, fanden sie, dafs das Leuchten ein zweifaches ist, nämlich aus einem hellen wolkigen Gelb besteht, das einige Zeit aushält, und einer viel schwächeren und rasch schwindenden blauen Flamme. Die Spektra dieser beiden Teile unterscheiden sich in der Verteilung der Intensität ihrer Linien.

Das Gebiet der Kathodenstrahlen betrat Prof. S. P. Thomson. Er unterschied vier Arten derselben nach ihrer Fähigkeit, Fluoreszenz zu erregen, und ihrer Ablenkbarkeit durch einen Magnet. Die erste Gattung sind die gewöhnlichen Kathodenstrahlen, die zweite wird durch Auffallen der ersteren auf eine Oberfläche hervorgebracht, und es sind die X-Strahlen (die erste Gattung verliert dadurch ihre Fähigkeit, weitere X-Strahlen zu erregen). Die dritte Abart entsteht, wenn Kathodenstrahlen durch eine negativ geladene metallische Spirale oder ein Drahtsieb gehen; sie können durch Magnete nicht abgelenkt werden. Die vierte Art erscheint an den Öffnungen in einer Holtzschen Trichterröhre; sie bringt keine Fluoreszenz hervor, kann aber von einem Magneten abgelenkt werden.

Unter den Problemen der physikalischen Chemie ist dasjenige, welches das Fortschreiten einer Explosion betrifft, eines der interessantesten. Prof. H. B. Dixon behandelte die sonderbaren Erscheinungen am Anfange einer Explosion in einem gasförmigen Mittel, indem er die Flamme photographierte. Wenn die Mischung am Ende einer Röhre in Brand gesetzt wird, so nimmt die Störung nur ganz allmählich an Geschwindigkeit zu, in dem Mafse, als sie in der Röhre entlang schreitet, bis nach Zurücklegung einer verhältnismäfsig grofsen Entfernung die für die Mischung charakteristische Geschwindigkeit erreicht ist. Liegt der Entzündungspunkt jedoch 7 bis 10 cm vom Röhrenende entfernt, so wird die Störung langsam den längeren Teil der Röhre abschreiten und wird durch die Welle verstärkt, welche den kürzeren Teil zurückgelegt hat und am Röhrenende zurückgeworfen wird. Nach dieser Verstärkung wandern die vereinten Störungen mit viel gröfserer Geschwindigkeit, und rasch wird die Maximalgeschwindigkeit erreicht.

Einen Bericht über die Arbeiten des Komitees für Erdbeben-Beobachtungen lieferte Prof. Milne. Unterseeische Erdbeben und Erdsturze scheinen nach den seismologischen Aufzeichnungen häufiger als diejenigen auf dem Lande zu sein, und der Ursprungsort vieler scheint die gewaltige Tiefe des Stillen Oceans zu sein, wo die ameri-

kanische Tuscarora-Expedition 1874 östlich von Nipon 8500 m lotete. Am sonderbarsten sind die Resultate über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit seismischer Wellen von ihrem Ursprunge nach verschiedenen Punkten der Erdoberfläche. Dieselbe wächst nämlich mit der durchlaufenen Distanz, so dafs höchst wahrscheinlich die Welle quer durch die Erde und nicht um ihre oberflächliche Kruste herumgeht, da die Durchgangsgeschwindigkeit für das Erdinnere gröfser als für die Kruste ist. Wie Lord Kelvin noch bemerkte, weist dieses Ergebnis darauf hin, dafs die Elastizität des Materials des Erdinnern gröfser als die der Krustenstoffe ist, was vielleicht wiederum eine Folge des in gröfserer Tiefe herrschenden stärkeren Druckes ist.

Sm.

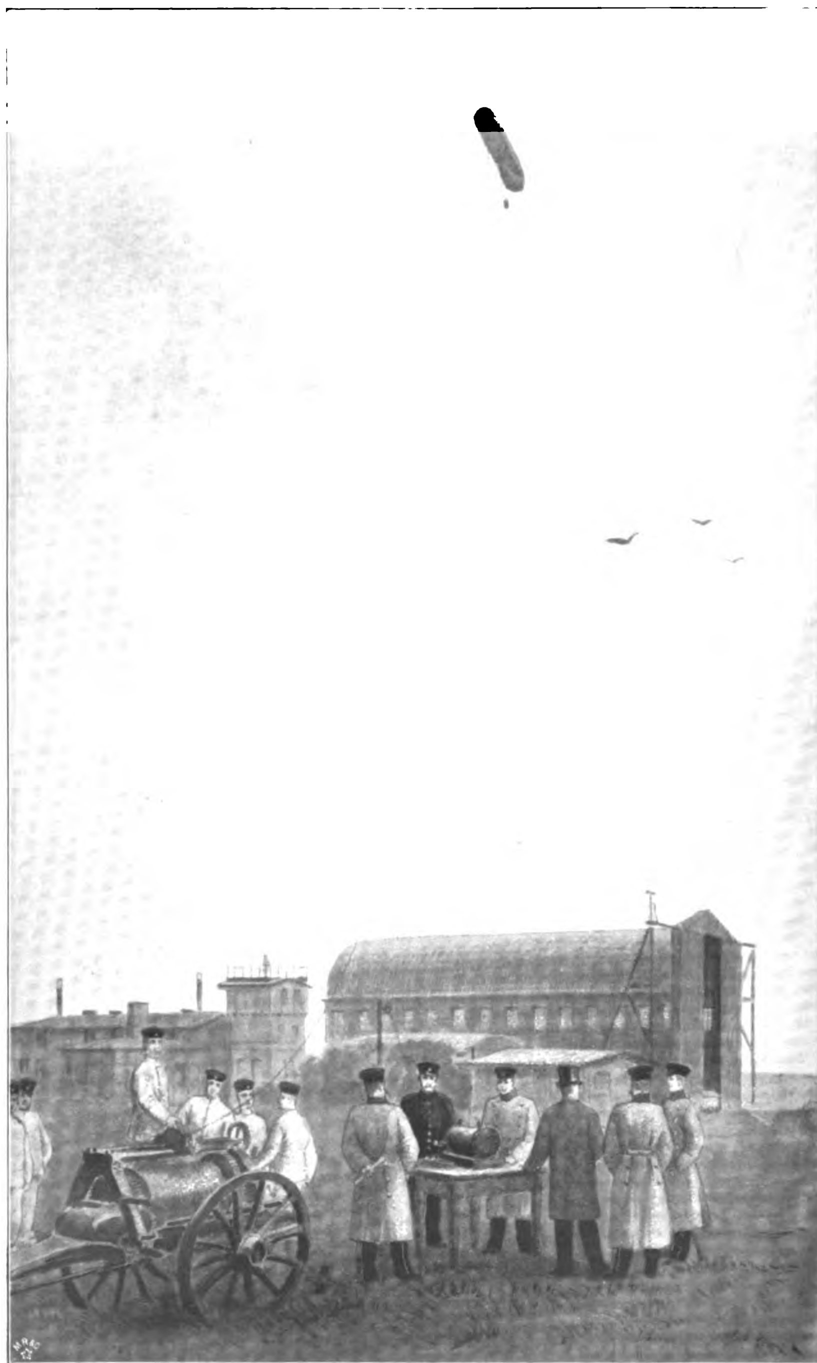


Ernst Schultze: Das letzte Aufflackern der Alchemie in Deutschland vor 100 Jahren. (Die Hermetische Gesellschaft 1796—1819.) Leipzig. Gg. Freund.

Der Verfasser giebt uns eine Geschichte der sogenannten „Hermetischen Gesellschaft", die um den Anfang dieses Jahrhunderts das Studium der Alchemie wieder zu beleben suchte. Im Oktober 1796 erschien im „Kaiserlich privilegierten Reichsanzeiger" ein Aufruf an die Anhänger der Alchemie mit der Aufforderung, sich der Hermetischen Gesellschaft anzuschliefsen, welche „den ganzen Vorrat dichter hermetischer Kenntnis gesichtet und verdaut" habe. Diese Gesellschaft nun bestand aus nur zwei Männern, dem bekannten Verfasser der Jobsiade, Dr. med. Karl Arnold Kortum in Bochum und dem Prediger Bährens in Schwerte; Kortum war jedenfalls der bedeutendere der beiden und das treibende Agens. Das Verhältnis beider Männer zu einander wird vom Verfasser ausführlich besprochen; aufserdem finden sich in dem Heftchen recht interessante Proben von Zuschriften, die nach dem oben angeführten Aufrufe an die „Hermetische Gesellschaft" gelangt waren und wieder im Reichsanzeiger veröffentlicht wurden. Es geht daraus hervor, dafs der Glaube an den Stein der Weisen am Anfange unseres Jahrhunderts auch in Deutschland noch weit verbreitet war. Es ist deshalb das Schriftchen, das sich auf dem Titel auch „Beitrag zur deutschen Kulturgeschichte" nennt, gerade als solcher wohl zu empfehlen.

H. H.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Telegraphie ohne Draht.
Versuche mittels Fesselballons der Militärluftschiffer-Abteilung zu Schöneberg bei Berlin.



Telegraphie ohne Draht.[1])

Von Dr. P. Spies in Berlin.

Die praktische Einführung der Telegraphie mit Hilfe von Drähten ist etwa ein halbes Jahrhundert alt — im Jahre 1843 wurde zwischen Washington und Baltimore die erste Linie mit Morseapparaten in Betrieb gesetzt, 1847 konstruierte Werner Siemens seinen Zeigertelegraphen — und es giebt deshalb heute nicht mehr allzuviel Leute, welche die Einführung dieser Erfindung unter voller Würdigung ihrer Tragweite mit erlebt haben. Man geht wohl nicht fehl in der Annahme, dafs damals zum ersten Male auch weitere Kreise einen starken Eindruck von jenem geheimnisvollen Vorgange gewannen, der in der Fortpflanzung elektrischer Wirkungen mit Hilfe eines Drahtes besteht. Dieser Draht selbst liegt unbeweglich und scheinbar tot da; aber kaum werden an seinem einen Ende gewisse Manipulationen vorgenommen und ihm gewisse Zeichen übermittelt, so beginnt mit Blitzesschnelle auch das andere, vielleicht Hunderte von Meilen entfernte Ende sich zu bethätigen, und ein dort aufgestellter Apparat wiederholt getreulich, was wir hier aufgegeben haben! Diese Erscheinung des sogenannten elektrischen Stromes ist zwar heut zu Tage für unsere Vorstellung recht geläufig geworden, und ihre Gesetze sind uns verhältnismäfsig lange und genau bekannt; keineswegs aber gilt das Gleiche von ihrem eigentlichen Wesen.

Mit der Telegraphie ohne Draht scheint es fast günstiger zu stehen. Dafs sich gewisse Wirkungen, vornehmlich solche, welche auf Schwingungen beruhen, wie Schall, Wärme, Licht, in freien Strahlen ausbreiten, wissen wir längst; warum sollte es nicht auf dem Gebiete der Elektrizität ähnliche Erscheinungsformen geben? Nun,

---

[1]) Nach einem in der Urania gehaltenen Experimental-Vortrage des Verfassers.

dafs es elektrische Schwingungen giebt, wissen wir seit mehreren Jahrzehnten, und seit den berühmten Versuchen von Heinrich Hertz wissen wir auch, dafs sich diese Schwingungen ebenso ausbreiten wie diejenigen der soeben erwähnten Naturerscheinungen. Eben diese Schwingungen sind auch das Agens, welches Marconi bei seinen Versuchen benutzt. Bevor wir aber der Frage näher treten, wie die elektrischen Schwingungen entstehen, wie sie sich ausbreiten, und wie sie sich ohne Zuhilfenahme von Drähten nach einem bestimmten Punkte dirigieren lassen, wollen wir eine andere Methode, mittelst deren man das Ziel, ohne Draht zu telegraphieren, schon vor einiger Zeit in gewissem Grade erreicht hat, an der Hand eines Versuches erläutern.

Es handelt sich um die Versuche, welche die Herren Rathenau und Rubens im Jahre 1894 auf dem Wannsee bei Potsdam angestellt haben, und bei denen sie das Wasser dieses Sees zur Übermittelung telegraphischer Zeichen benutzten.[2]) Ein mit Stanniol beklebter Schirm von etwa 4 qm Gröfse kann zu einer Nachahmung jenes Verfahrens dienen; er läfst sich im Sinne elektrischer Eigenschaften mit einem See vergleichen, insofern er einen leitenden Körper darstellt, welcher nicht ein Draht ist, sondern sich nach mehreren Dimensionen erstreckt. Wenn wir von dem einen Ufer des Sees aus zwei Metallplatten E P (Fig. 1) in das Wasser versenken (bezw. auf dem Stanniolschirm zwei Metallklammern am Rande fest klemmen) und mit Hilfe einer starken Batterie A B von dem einen dieser Punkte nach dem anderen einen elektrischen Strom senden, so zeigt sich, dafs die Elektrizität keineswegs ausschliefslich auf dem nächsten, also gradlinigen Wege von der einen Platte zur anderen strömt, sondern sie benutzt, freilich in geringerem Grade auch alle anderen möglichen Wege, welche in grofsen Kurven über den See hinwegführen. Dieser Weg wird nun noch komplizierter, sobald man in zwei Punkten des Sees vom Vorder- und Hinterteil eines Schiffes oder von zwei einzelnen Booten aus wiederum Metallplatten ins Wasser versenkt und dieselben durch einen Draht verbindet; in diesen letzteren wird ein stromanzeigendes Instrument, etwa ein Telephon N eingeschaltet. Der Strom geht dann

[2]) Die Methode hat nichts mit dem in der Telegraphie üblichen Verfahren zu schaffen, bei dem man als Leitung einen Draht, als Rückleitung das Wasser eines Sees oder das feuchte Erdreich benutzt, so dafs also Wasser bezw. Erde nur den Ausgleich der Spannungsunterschiede zu vermitteln haben, welche durch die Drahtleitung hervorgebracht worden sind. In der obigen Methode werden solche Spannungsunterschiede absichtlich hervorgerufen und benutzt.

von der einen Uferplatte aus nach der zunächstliegenden Platte im See, dann durch Telephon und Draht nach der zweiten Platte im See und endlich nach dem Ufer zurück. Man hat nur noch zu beachten, dafs sich das Vorhandensein von Strömen in dem Telephon nur dann verrät, wenn es sich um einen unterbrochenen Strom handelt, und man mufs demnach in die Leitung noch einen Unterbrecher S U einschalten. W ist ein Widerstand zur Regulierung des Stromes, A A und V M sind Strom- bezw. Spannungsmesser. Der unterbrochene Strom bringt im Telephon ein Summen hervor, und der Taster T ge-

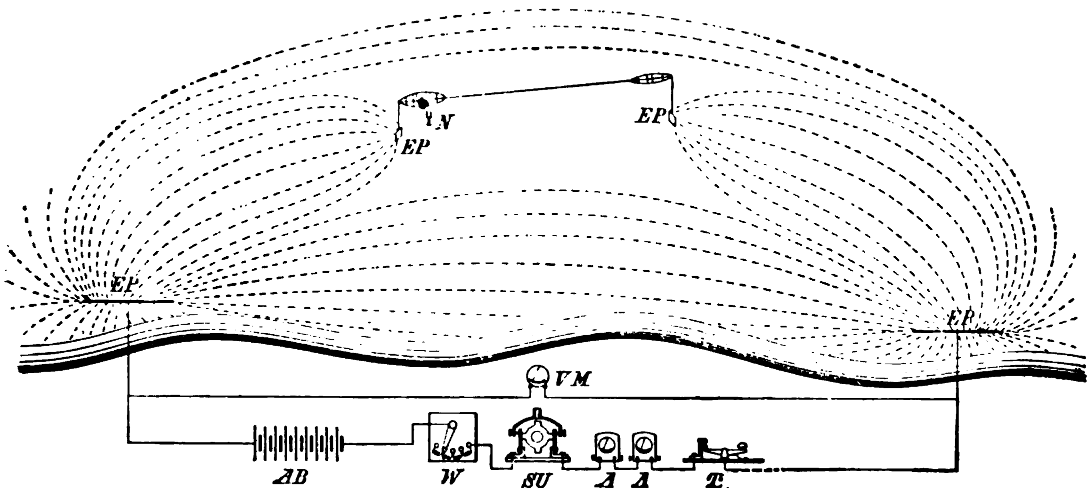


Fig. 1.

stattet, dieses Summen kürzere oder längere Zeit andauern zu lassen und so die Punkte und Striche des bekannten Morsealphabetes zum Ausdruck zu bringen.

Für die im grofsen angestellten Versuche ist an den Apparaten naturgemäfs noch einiges geändert worden. So sei nur erwähnt, dafs Rubens statt des gewöhnlichen Telephons das von Dr. Wien erfundene optische Telephon und weiterhin ein von ihm selbst angegebenes Instrument, das Schwingungsgalvanometer, benutzt hat. Bei dem ersteren Apparate sitzt auf der Schallplatte des Telephons ein kleines Spiegelchen, und es nimmt in bekannter Weise ein Lichtstrahl, welcher auf diesen Spiegel fällt, an den Bewegungen desselben teil. Bei dem Schwingungsgalvanometer ist die Schallplatte ganz weggefallen und an ihre Stelle ein, an einer Saite befestigtes und ebenfalls mit einem Spiegel versehenes Eisenstückchen getreten. Naturgemäfs braucht die letztere Vorrichtung nur einen weit schwächeren Strom,

um eine gewisse Drehung des Spiegels zu zeigen. Man gewinnt auf diese Weise aber noch einen weiteren Vorteil. Ebenso wie die Platte eines Telephons, beginnt auch die mit dem Eisenstückchen versehene Saite unter dem Einflusse der einzelnen Stromimpulse zu schwingen; jedoch entstehen bei der besonderen Anordnung der einzelnen Teile des Instrumentes nicht die gewöhnlichen Querschwingungen von Saiten sondern Torsionsschwingungen; gerade hierdurch wird auch erreicht, dafs sich der Spiegel hin und her bewegt.

Diese Schwingungen lassen sich ebenso wie die gewöhnlichen Saitenschwingungen abstimmen, d. h. sie vollziehen sich je nach Länge, Stärke und anderen Eigenschaften der benutzten Saite mehr oder weniger schnell. Für die praktische Anwendung des Apparates richtet man denselben so ein, dafs die Schwingungen, welche sich in ihm vollziehen, dem Tempo nach mit den Unterbrechungen des Stromes übereinstimmen; man setzt mit anderen Worten den Geber und den Empfänger in Resonanz. Da dies Prinzip auch bei den Marconischen Versuchen von Wichtigkeit ist, sei es durch Hinweis auf einige einfache akustische Versuche näher erörtert.

Man versteht allgemein unter Resonanz das Schwingen eines Körpers unter dem Einflufs von Schwingungen, welche von einem anderen Körper ausgehen; den soeben erwähnten speziellen Fall dieser Erscheinung, welcher durch die Gleichheit der Schwingungszahl beim gebenden und empfangenden Körper charakterisiert ist, bezeichnet man vielfach mit demselben allgemeinen Ausdruck, während englische Naturforscher neuerdings dafür das Wort „Syntonik“ eingeführt haben. Der einfachste Versuch läfst sich mit zwei Stimmgabeln anstellen, welche genau auf denselben Ton abgestimmt sind. Bringt man die eine zum Tönen, so klingt die andere mit, selbst wenn sie in einer Entfernung von mehreren Metern aufgestellt ist. Stimmt man die eine der beiden Gabeln durch Beschweren mit einem Gewicht auf einen etwas tieferen Ton, so bleibt die Wirkung aus. Offenbar versetzen die Schallschwingungen der ersten Stimmgabel die zweite zunächst nur in sehr kleine Bewegungen, und nur wenn immer weitere in richtigem Tempo ankommende Schwingungen diese Wirkung unterstützen, kommen schliefslich wahrnehmbare Schwingungen zu stande. In dem Falle der Nichtübereinstimmung bleibt es bei vereinzelten Anstöfsen, da spätere Impulse nicht im günstigen Moment anzutreffen vermögen.

Ein sehr auffallender Versuch über denselben Gegenstand läfst sich mit Hilfe einer singenden Flamme anstellen. Eine kleine Gas-

flamme, welche im Innern einer Glasröhre brennt, vermag die in dieser enthaltene Luftsäule in Schwingungen zu versetzen; diese letzteren haben dann ein regelmäfsiges Länger- und Kürzerwerden der Flamme zur Folge; hieraus resultiert wiederum ein regelmäfsiges Wechseln in der Erwärmung der im Rohr enthaltenen Luft und damit wiederum Luftschwingungen. Man kann die Verhältnisse so wählen, dafs zunächst alles in Ruhe bleibt, dafs aber dauernde Schwingungen auftreten, sobald nur ein einziges Mal die Luft in der Röhre durch einen äufseren Einflufs in Schwingungen versetzt worden ist. Hierzu genügt es, einmal in einer Entfernung von mehreren Metern von der Flamme den Ton zu singen, zu dessen Hervorbringung die Luftsäule in der Röhre fähig ist, und man kann es ohne Schwierigkeit dahin bringen, dafs die Flamme schweigt, falls der gesungene Ton einen Fehler von der Gröfse eines Vierteltones hat. Da bei richtig gesungenem Tone die Flamme fortsingt, haben wir hier ein zur Demonstration der Syntonik sehr geeignetes Experiment. Man sieht leicht ein, dafs von einer Reihe verschieden abgestimmter singender Flammen auf einen Ton nur eine ansprechen wird, und ebenso wird in dem obigen Falle nur ein richtig eingestelltes Telephon bezw. Schwingungsgalvanometer reagieren. Es sei noch erwähnt, dafs bei den Versuchen von Rathenau und Rubens auf eine Entfernung von ca. 5 Kilometer telegraphiert worden ist.

Kommen wir aber nunmehr zu den eigentlichen elektrischen Schwingungen! Es handelt sich bei denselben um eine Erscheinung welche nicht durch mechanische Unterbrechungs-Vorrichtungen hervorgebracht werden kann, wie die Stromstöfse, welche bei dem ersten Experiment benutzt wurden. Das Tempo dieser elektrischen Schwingungen ist ein viel zu schnelles, als dafs mechanische Vorrichtungen im stande wären, ihm zu folgen; denn um nicht weniger als Millionen, ja bis zu tausend Millionen Schwingungen vollziehen sich in einer Sekunde.

Gewinnen wir zunächst eine äufsere Vorstellung von der Mechanik des Vorganges. Eine Leydener Flasche (Fig. 2) sei so aufgestellt, dafs die innere metallische Belegung A und die äufsere B durch einen Draht verbunden sind, welcher bei C eine Unterbrechungsstelle aufweist. Ist die Flasche genügend stark geladen, etwa derartig, dafs die innere Belegung positive, die äufsere negative Elektrizität aufweist, so wird an der Stelle C ein Funken den Ausgleich dieser beiden Elektrizitäten vermitteln und die Flasche in den unelektrischen Zustand überführen. Man hat sich das aber nicht so

zu denken, dafs die positive Elektrizität von A in einfachem Verlaufe nach B käme, sondern es ist kurze Zeit nach dem Beginn der Entladung die Belegung B positiv geladen, dann wiederum die Belegung A, es zeigen sich also Schwankungen des elektrischen Zustandes, welche den Eindruck hervorrufen, als hätte die Elektrizität ein gewisses Beharrungsvermögen, dem zufolge sie einige Male hin und her pendelt, bevor sie den Ruhezustand erreicht.[3]) Da diese elektrischen Schwingungen zum ersten Male bei Gelegenheit der Hertzschen, dann beim Bekanntwerden der Teslaschen Versuche und nun zum dritten Male bei den Marconischen Versuchen die Aufmerksamkeit weiterer Kreise erwecken, sei an der Hand einiger Experimente dargelegt, welches der eigentliche Grund für ihr Zustandekommen ist.

Ein wirkliches Beharrungsvermögen ist es nicht; denn ein solches besitzt, wie Hertz nachgewiesen hat, die Elektrizität nicht. Vielmehr handelt es sich um die Folgen einer Erscheinung, welche man die Selbstinduktion nennt. Es wird gut sein, zunächst einen dieser letzteren nahestehenden Fall der Induktion überhaupt ins Auge zu fassen.

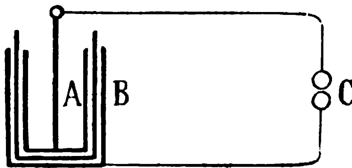


Fig. 2.

Es seien zwei elektrische Leitungen A B und C D (Fig. 3) nebeneinander in sehr geringem Abstande, aber ohne gegenseitige leitende Berührung ausgespannt. Beide Leitungen sind zu einem Stromkreis geschlossen und mit einem stromanzeigenden Instrument G und H versehen, aber nur die eine von ihnen enthält eine Stromquelle E und eine Einschaltvorrichtung F. Wenn wir hier eine Verbindung herstellen, so sehen wir an der Einstellung des Zeigers G, dafs wir in dem Kreise E A B G F E elektrischen Strom haben. Wir bringen nun in der Nähe des Punktes J die beiden Leitungskreise mit einander in solcher Weise[4]) in Berührung, dafs ein Teil (es ist ein sehr kleiner Teil hinreichend, weil das Instrument H empfindlicher ist als G) in die obere Leitung gelangt. Wenn nun H nach derselben Seite ausschlägt wie G, so sind die beiden Instrumente

[3]) Die Erscheinung ist u. a. auch in „Himmel und Erde", Jahrgang III S. 347, unter Zuhilfenahme anderer Analogien beschrieben.

[4]) Man überzeugt sich leicht davon, dafs der in J zerschnittene Draht in der Weise an zwei einander benachbarte Punkte der unteren Leitung gelegt werden mufs, dafs die abgeschnittenen Enden verkreuzt werden. Es hat dann der Strom C J D dieselbe Richtung wie A B.

übereinstimmend aufgestellt, und wir können nunmehr zu dem eigentlichen Versuche schreiten. Bei demselben wird für eine vollständige Trennung der beiden Stromkreise gesorgt, so dafs der Zeiger des Instrumentes H auf Null zurückkehrt. Unterbricht man nun den Strom des ersten Kreises bei F, so sieht man, dafs sich zwar der Zeiger G zurückbewegt, aber der Zeiger H schlägt nun für einen Augenblick nach derselben Seite aus, nach welcher der Zeiger bei G zeigte. Es ist also infolge dieser eigentümlichen Wirkung, welche wir Induktion nennen, in dem Augenblicke, in welchem der Strom in A B aufhörte, in der benachbarten Leitung C D ein kurze Zeit andauernder Strom von derselben Richtung entstanden, wie sie der ursprüngliche Strom hatte. Dieser sogenannte Öffnungs- (Unterbrechungs)-Strom stellt, wie gesagt, einen der mannigfaltigen Fälle der Induktion überhaupt dar. Zu dem uns interessierenden Falle der Selbstinduktion kommen wir nun, wenn wir uns denken, dafs C D und A B nicht zwei verschiedene, sondern nur ein einziger Draht seien.

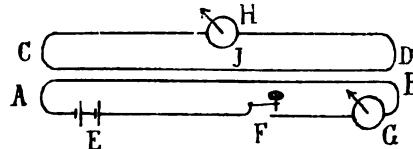


Fig. 3.

Offenbar würden die soeben konstatierten Thatsachen jetzt auf folgenden Satz führen: Wenn in einem Drahte ein elektrischer Strom aufhört, so tritt vorübergehend eine Kraft auf, welche einen Strom von derselben Richtung durch den Draht zu treiben sucht. Diese „elektromotorische Kraft der Selbstinduktion“ ist eine der Hauptursachen der Funken, welche an der Unterbrechungsstelle eines Stromes aufzutreten pflegen, und dieser Funke, aus gut leitenden glühenden Metalldämpfen bestehend, giebt seinerseits jener Kraft Gelegenheit, wirklich die angestrebte Verlängerung des ursprünglichen Stromes für eine Zeit lang herbeizuführen.

Man nennt den von der Selbstinduktion hervorgerufenen Strom „Extrastrom“, und kann ihn u. a. in folgender Weise demonstrieren. Durch einen Apparat von grofser Selbstinduktion, am besten eine aus einem sehr langen Drahte gewickelte Rolle, welche einen eisernen Kern enthält,[5]) leitet man einen elektrischen Strom und entfernt nun plötzlich die Stromquelle. In diesem Augenblick läfst sich die Drahtrolle selbst als Stromquelle gebrauchen. Setzt man z. B. eine elektrische Glühlampe zwischen die beiden Enden ihres Drahtes, so leuchtet dieselbe für ein paar Sekunden auf, freilich nur dann, wenn man das Aus-

[5]) Verf. benutzt hierzu einen grofsen Elektromagneten von etwa 300 kg Gewicht.

wechseln schnell genug vorgenommen hat. Man kann hierzu eine sogenannte Wippe benutzen, welche gemäfs Fig. 4 gestattet, die Drahtrolle D zuerst mit der Stromquelle Q, dann durch Umlegen des Mittelstückes A B mit der Lampe L zu verbinden. Die Verbindungsstellen S S werden des guten Kontaktes wegen durch Quecksilbernäpfe gebildet.

Wir wollen uns das Experiment nun in folgender Weise modifiziert denken. Eine Rolle sei an den beiden Drahtenden mit je einer grofsen Metallkugel in leitender Verbindung, und von diesen beiden Kugeln sei die eine positiv, die andere negativ elektrisch. Dieser Zustandsunterschied wird durch die Drahtrolle einen Ausgleich an-

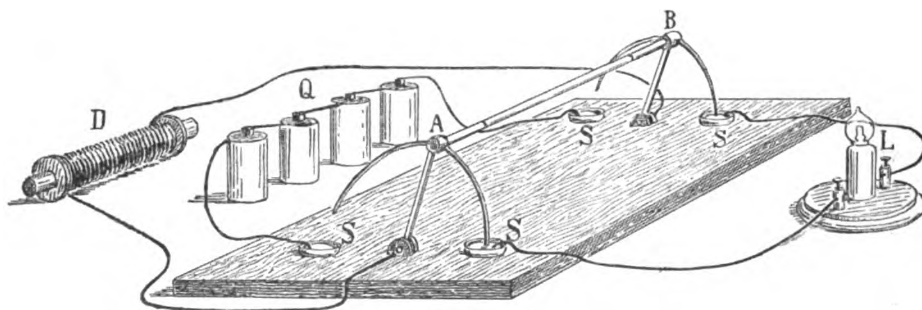


Fig. 4.

streben; es tritt also ein elektrischer Strom auf, welcher die Richtung von der positiven zu der negativen Kugel hat. Sobald der Ausgleich beendigt ist, beide Kugeln also unelektrisch geworden sind, sollte dieser Strom aufhören; aber nunmehr wirkt die Selbstinduktion im Sinne einer Stromverlängerung, und es wird infolge dessen die zweite Kugel eine positive Ladung erhalten, während die erste (ursprünglich positive) nunmehr weniger positive Elektrizität hat, als dem unelektrischen Zustande entsprechen würde, also negativ elektrisch ist. Wir haben also jetzt entgegengesetzte Ladung auf den beiden Kugeln wie zu Anfang. Auch dieser Zustandsunterschied wird wiederum nach einem Ausgleich streben, und wir erhalten wieder einen Strom, wieder eine Verlängerung desselben u. s. w. Das scheinbare Beharrungsvermögen der Elektrizität erklärt sich also durch die Selbstinduktion; sie ist die Ursache der elektrischen Schwingungen. Vergessen wir dabei nicht, dafs eine zweite Voraussetzung für das Zustandekommen der Schwingungen in dem Vorhandensein jener beiden Kugeln oder allgemein ausgedrückt zweier Körper lag, auf welchen elektrische Ladungen Platz greifen könnten. Diese Fähigkeit

eines Körpers, eine elektrische Ladung aufzunehmen, nennt man bekanntlich sein eletrisches Fassungsvermögen, seine Kapazität. Da jeder leitende Körper (nicht leitende kommen hier nicht in Betracht) elektrisch geladen werden kann, und da anderseits in jeder Strombahn mehr oder weniger Selbstinduktion stattfindet, haben wir schliefslich als Voraussetzung elektrischer Schwingungen lediglich das Vorhandensein jener ursprünglichen elektrischen Ladung anzusehen: Bei jeder elektrischen Entladung treten elektrische Schwingungen auf. Kapazität und Selbstinduktion sind immer vorhanden; sie bestimmen, wie wir gleich sehen werden, das Tempo der Oszillationen.

Wir wollen uns in der Leydener Flasche I (Fig. 5) die oben geschilderte elektrische Schwingung wirklich hervorgebracht denken, etwa in der Weise, dafs von einem der bekannten Induktionsapparate oder von einer Elektrisiermaschine aus ein Leitungsdraht an die Belegung A und ein anderer, entgegengesetzte Elektrizität führender an die Belegung B angeschlossen wird. Es springen dann, wie gesagt, bei C Funken über, und es finden auf dem Wege A C B bezw. B C A elektrische Schwingungen statt. Diese letzteren rufen nun in allen benachbarten Leitungsstücken wiederum elektrische Störungen hervor, welche in dieselbe Kategorie gehören, wie die oben erwähnten Induktionserscheinungen, welche aber hier offenbar wiederum den Charakter von hin und her gehenden elektrischen Strömen, von Schwingungen haben müssen. Dieselben werden besonders stark, wenn wir eine Leydener Flasche II von gleicher Gröfse wie I aufstellen und ihre äufsere und innere Belegung durch einen Drahtbügel von genau derselben Beschaffenheit wie bei I mit einander verbinden; die Ebene dieses Drahtbügels ist derjenigen des ersten parallel; die Flaschen stehen nicht, wie dies der Deutlichkeit halber gezeichnet ist, untereinander, sondern die eine vor der anderen in einem Abstande von etwa 1 m. Die Unterbrechung C ist in dem zweiten Bügel nicht vorhanden, da sich nur bei einer geschlossenen Verbindung zwischen der inneren und äufseren Belegung Schwingungen ausbilden und in ihrer Stärke allmählich steigern können. Diese Schwingungen können so stark werden, dafs die innere und äufsere Belegung dieser zweiten Flasche bedeutende elektrische Zustandsunterschiede aufweisen, und wenn wir die innere Belegung durch einen kleinen Staniolstreifen D über den Flaschenrand hinweg mit der äufseren Belegung fast in Verbindung bringen, so treten hier in der Lücke c glänzende kleine Fünkchen auf. Um eine genaue Abstimmung der beiden Stromkreise

zu erreichen, enthält der zweite einen beweglichen Teil a auf den beiden horizontalen Drähten, welcher nach rechts oder links so lange verschoben wird, bis die erwähnten Fünkchen auftreten. Eine solche Verschiebung hat nämlich eine Veränderung der Selbstinduktion zur Folge, als deren Mafs wir die von dem Bügel umschlossene Fläche ansehen können. Dieselbe würde also, wenn die Brücke a nach der Stelle b gebracht wird, beiläufig den doppelten Wert haben. Dies führt uns auf eine interessante Modifikation des in Rede stehenden, von Oliver Lodge ersonnenen Experimentes. Bei der Stellung b bleiben die Funken in c aus. Anstatt durch eine Vergröfserung des Drahtkreises an der Flasche I die Übereinstimmung wieder herzu-

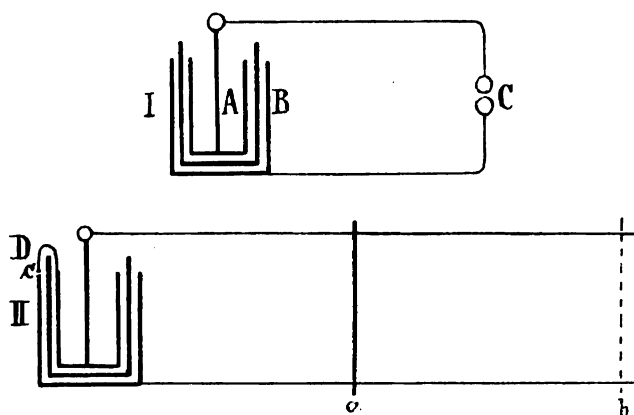


Fig. 5.

stellen, nehmen wir eine doppelt so grofse Flasche oder, was einfacher ist, wir benutzen noch eine zweite der ersteren möglichst gleiche Flasche, d. h. wir verdoppeln die zur Verfügung stehende Kapazität. Dabei treten die Funken bei c wieder auf. Dafs nicht etwa eine einfache Verstärkung der Wirkung durch die zweite Flasche vorliegt, wird ein Zurückführen des Bügels auf die Stelle a beweisen; die Funken verschwinden wieder.

Diese Experimente geben also eine grofse Reihe von wichtigen Aufschlüssen. Sie zeigen uns das Vorhandensein elektrischer Schwingungen in dem System I, die Fortpflanzung derselben und die Übertragung auf das System II, die Bedeutung der Resonanz als eines Mittels, die Aufnahmefähigkeit des System II zu steigern, und endlich die Thatsache, dafs Kapazität und Selbstinduktion für das Ablaufen der Schwingungen gleich wichtige Faktoren sind, in der Weise, dafs eine geringere Gröfse der Einen durch einen desto gröfseren Betrag der Anderen ausgeglichen werden kann.

Die Ausbreitung der elektrischen Schwingungen bildet bekanntlich den Hauptgegenstand der Hertzschen Untersuchungen. Die von diesem Forscher benutzten Schwingungen unterscheiden sich von den soeben geschilderten vornehmlich durch ihre höhere Schwingungszahl, welche auf sehr geringen Wert von Kapazität und Selbstinduktion zurück zu führen ist. Hertz liefs beispielsweise einfach zwischen ein Paar Metallkugeln elektrische Funken überspringen. Die Schwingungszahl war in einem speziellen Fall 1000 Millionen pro Sekunde, so dafs sich bei einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen von 300000 km pro Sekunde eine Wellenlänge von 30 cm ergab. Marconi benutzt ähnliche Verhältnisse; ein von ihm häufig angewendeter Oscillator besteht aus zwei massiven Metallkugeln von 10 cm Durchmesser.

Als Kriterium für das Vorhandensein elektrischer Störungen am Empfänger sind die Funken, welche auch Hertz häufig in Anwendung brachte, nicht recht zu gebrauchen, sobald es sich um gröfsere Entfernungen handelt. Einen viel empfindlicheren Apparat bildet der von Branly erfundene „Kohärer", welchem Marconi folgende Form giebt. In eine etwa 2 mm weite Glasröhre G (Fig. 6) werden zwei mit je einem Leitungsdraht versehene Silberstückchen eingeführt und einander bis auf einen Abstand von 1 bis $1^1/_2$ mm genähert. Dieser Zwischenraum Z wird mit einem Gemisch aus Feilspähnen von Nickel und Silber locker angefüllt. Eine solche Anhäufung von Metallstückchen, welche einander nur sehr lose und nur auf einer kleinen Fläche berühren, leitet die Elektrizität ziemlich schlecht, so dafs, wenn man ein Element E und ein Galvanometer in dieselbe Leitung einschaltet, das letztere nur einen geringen oder gar keinen Ausschlag giebt. Wird der Kohärer elektrischen Wellen ausgesetzt, so steigt sein Leitungsvermögen ganz bedeutend, und das Galvanometer zeigt einen ziemlich starken Strom. Die Ursache dieser Erscheinung ist zur Zeit noch nicht aufgeklärt. Vielleicht besteht sie lediglich in einer Umlagerung der kleinen Metallteilchen, vielleicht auch treten an einzelnen Punkten unter dem Einflusse winziger Fünkchen Verschmelzungen derselben ein, oder es werden aus demselben Grunde Gasschichten, welche an der Oberfläche der Metallstückchen sitzen, entfernt; jedenfalls bildet diese Steigerung des Leitungsvermögens ein äufserst empfindliches Reagens auf elektrische Wellen. Fast jeder beliebige elektrische Funke, — also nicht etwa nur die starken Entladungen einer Leydener Flasche —, vermag einen Kohärer auf einige Meter Entfernung anzuregen.

Erschüttert man die Röhre durch Anklopfen mit dem Finger, so zerfällt das Metallpulver wieder und der Kohärer leitet wie zuvor schlecht.

Dieser Kohärer bildet den wichtigsten Teil jedes Apparates für Telegraphie ohne Draht. Erscheint es einem auf den ersten Blick überraschend, dafs das Fundament eines neuen Anbaus an das stolze Gebäude der Elektrotechnik durch ein paar lockere Metallspähnchen gebildet werden soll, so erinnere man sich daran, dafs unser modernes Fernsprechwesen auf dem Mikrophon, d. h. auf ein paar locker an einander liegenden Kohlenstückchen beruht.

Die grofse Empfindlichkeit solcher Kohärer kommt u. a. bei dem folgenden Experiment zur Anwendung. In seiner berühmten Abhandlung über „die Strahlen elektrischer Kraft“ zeigt Heinrich Hertz, dafs die sich ausbreitenden elektrischen Wellen sich ebenso verhalten wie Licht- und Wärmewellen, dafs sie z. B. an ebenen oder gekrümmten Flächen reflektiert und durch Prismen gebrochen werden können. Man kann also diese elektrischen Strahlen mit Hilfe von Hohlspiegeln ebenso nach einem bestimmten Punkte dirigieren, wie Lichtstrahlen, und Hertz hat auf diese Weise ohne Benutzung empfindlicher Hilfsmittel die Fortpflanzung solcher Strahlen bis auf Entfernungen von ca. 100 m nachzuweisen vermocht. Marconi erblickt in diesen Verhältnissen ein zweites Mittel — das erste wäre die Resonanz —, den telegraphischen Signalen auch ohne Draht eine bestimmte Direktion zu geben und sie dadurch zugleich stärker wirken zu lassen. So weit dem Verfasser bekannt, sind beide Hilfsmittel auf gröfseren Entfernungen bisher nicht angewendet worden. Das Material, aus welchem man solche Spiegel anfertigt, ist am besten Metall.

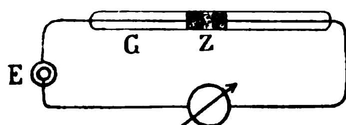


Fig. 6.

Leitende Körper z. B. Metalle erweisen sich für die Hertzschen Strahlen undurchlässig, wie denn ja auch bei allen Induktionsversuchen der Zwischenraum zwischen wirkendem und beeinflufstem Körper nur mit Nichtleitern (z. B. Luft) ausgefüllt ist. Eine eingeschobene leitende Platte würde die Wirkung beeinträchtigen, weil in ihr selbst elektrische Zustandsänderungen eintreten können. Wendet man empfindliche Kohärer an, so läfst sich freilich zeigen, dafs auch Metallplatten für solche Wellen nicht absolut undurchdringlich sind. Setzt man z. B. einen Kohärer, ein Element und eine elektrische Klingel in einen allseitig geschlossenen Kasten aus Zinkblech, dessen Deckel man sogar zulöten kann, so gelingt es doch leicht durch kräftige elektrische Funken, welche in einer Entfernung von etwa einem

Meter von dem Kasten überspringen, den Kohärer zum Ansprechen die Klingel also zum Tönen zu bringen.

Marconi hat das Verdienst, zuerst auf gröfsere Entfernungen Zeichen gegeben und dieselben gleichzeitig schriftlich fixiert zu haben. Er benutzte einen Funkengeber, wie ihn zuerst Righi in Bologna angewendet hat[5]) (Fig. 7). In die beiden offenen Seitenflächen eines Hartgummicylinders sind zwei Metallkugeln eingelassen, welche zwischen sich die Funkenstrecke von höchstens 1 cm Länge haben. Der so entstehende Kasten wird mit Hülfe eines kleinen aufgesetzten Röhrchens mit Öl gefüllt. Diese beiden Kugeln sind nicht unmittelbar mit Drähten für die Zuführung der Elektrizität versehen, sondern es befinden sich rechts und links neben ihnen zwei kleinere Kugeln, von denen aus die Elektrizität in Form von Funken übergeht. Man erreicht durch das Öl, dafs erst eine ziemlich hohe Spannung der Elektrizität erreicht sein mufs, bevor ein Funken überspringt; die dann entstehenden Schwingungen beschränken sich aber auf die Hauptkugeln, und es nimmt an ihnen kein unkontrolierbares Stück der Zuführungsdrähte Anteil, da diese ja garnicht angeschlossen sind. Dieser Sender wird, wie dies in der Fig. 8 bei A dargestellt ist, mit einem Induktorium J verbunden, welches durch den Taster T in Betrieb gesetzt werden kann. Die elektrischen Wellen, welche bei dem Überspringen der Funken zwischen den Kugeln k k entstehen, pflanzen sich fort und treffen auf der Empfangsstation den Kohärer C. Der durch diesen ausgelöste Batteriestrom bethätigt ein sogenanntes Relais R., einen Apparat, der selbst nur eines schwachen Stromes bedarf, aber nun seinerseits benutzt wird, um eine zweite Batterie einzuschalten. Es versteht sich überhaupt von selbst, dafs, wenn man erst einmal einen, wenn auch schwachen Strom auf der Station E ausgelöst hat, es nicht schwer fällt, weiterhin Wirkungen von beliebiger Stärke und Mannigfaltigkeit auftreten zu lassen. So kann man u. a. einen der bekannten Morseapparate M in Betrieb setzen. Eine genauere Betrachtung der einzelnen Leitungen soll an einem anderen Schaltungssystem erfolgen. Der Kohärer würde nun dauernd gut leiten und das Relais

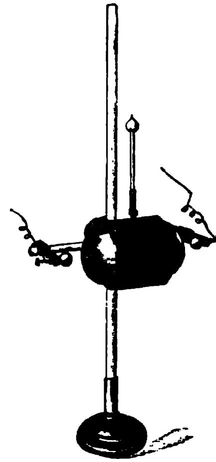


Fig. 7.

[5]) Diese und die folgenden Apparatenzeichnungen betreffen einen Apparat der von Herrn F. Ernecke in Berlin zu Demonstrationszwecken gebaut worden ist.

ebenso wie der Telegraphenapparat würden sich dauernd bethätigen, bis der Kohärer wieder erschüttert wird. Dazu benutzt Marconi eine automatische Vorrichtung L, welche ebenfalls durch das Relais eingeschaltet wird und einem elektrischen Läutewerk durchaus entspricht; anstatt wie sonst gegen eine Glocke, schlägt hier der Klöppel gegen ein Brettchen, auf welchem der Kohärer befestigt ist. Sobald auf diese Weise der Kohärer erschüttert ist, werden Relais, Telegraphenapparat und dieses Rasselwerk wieder aufser Thätigkeit kommen. Inzwischen ist auf dem Papierstreifen des Telegraphenapparates ein Punkt entstanden. Giebt der Sender mehrere Funken hintereinander, so reihen sich mehrere Punkte dicht aneinander und ergeben einen Strich.

Es zeigte sich bei diesem Marconischen System noch eine gewisse Schwierigkeit, welche ihren Grund in den oben als eine Wir-

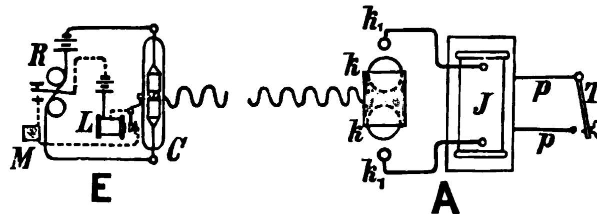


Fig. 8.

kung des Extrastroms dargestellten Unterbrechungsfunken hat. Ein solches Fünkchen tritt in dem Relais auf in dem Augenblicke, in welchem dasselbe beim Zusammenfallen des Kohärerpulvers den Strom des Morseapparates und der Klingel unterbricht. Diese Fünkchen senden ebenfalls schwache elektrische Wellen aus, welche an den Drähten entlang laufend den soeben zerfallenen Kohärer wieder in Thätigkeit setzen. Der Apparat wird also dauernd arbeiten. Marconi hat zur Vermeidung dieses Übelstandes Vorkehrungen getroffen, welche dem entstehenden Extrastrom einen unschädlichen Verlauf zuweisen, sodafs jene Fünkchen nicht auftreten. Der Verfasser hat denselben Zweck durch eine einfachere Anordnung erreicht, nämlich durch Anwendung der sogenannten Ruhestromschaltung. Eine genauere Darstellung des Leitungsverlaufes der Seite E der Fig. 8 unter Berücksichtigung dieser Modifikation findet sich in Fig. 9.[6]) Man ersieht aus

[6]) Der Kohärer C bethätigt mit Hilfe der Batterie E den Elektromagneten des Relais R. Dieser zieht seinen Anker an, sodafs der durch M und den Magneten in L fliefsende Strom unterbrochen wird; der Apparat M ist so eingerichtet, dafs der von dem stromlosen Elektromagneten losgelassene Anker den Schreibstift gegen den Papierstreifen drückt. Der Elektromagnet des Läute-

derselben, dafs die Ströme im Telegraphenapparat u. s. w. gewöhnlich geschlossen sind, also beim Beginn der Thätigkeit des Kohärers unterbrochen werden; die durch das Auftreten des Fünkchens erzeugten Wellen sind in diesem Augenblick unschädlich; wenn der Kohärer zerfällt, wird der Morseapparat wieder eingeschaltet; hierbei treten aber keine Funken auf. Die Fig. 10 giebt eine Totalansicht des Empfängers. Auf der rechten Seite befindet sich das Rasselwerk, auf welchem der Kohärer liegt, nach links folgt die zum Kohärer gehörige Batterie, welche das wieder weiter links stehende Relais speist, und auf dem senkrechten Brett befindet sich ein einfaches Modell des Morseapparates.

Die Resultate, welche sich mit der Marconischen Methode er-

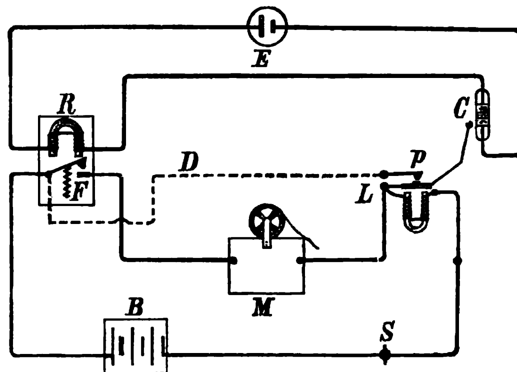


Fig. 9.

reichen lassen, gehen weit über das hinaus, was man mit anderen Methoden, ohne Draht zu telegraphieren, bis jetzt erreicht hat. Nicht nur, dafs man, wie dies bei Demonstrationen zu geschehen pflegt, durch mehrere dicke Mauern hindurch telegraphieren kann, sondern ein Kohärer spricht auch noch bei sehr grofsen Entfernungen des Gebers an, vornehmlich auch dann, wenn man diesen letzteren in der Weise modifiziert, dafs man die Wellen nicht einfach zwischen zwei Kugeln übergehen läfst, sondern die eine derselben mit der Erde, die andere mit einer recht hoch über dem Erdboden aufgestellten Kapazität verbindet. Derartige Versuche sind u. a. mit Hilfe von Fesselballons, an deren Gondel ein bis nahe zur Erde reichender Draht be-

---

werkes läfst seinen Anker ebenfalls los, dieser schnellt an den durch die Leitung D gespeisten Kontakt p und rasselt nun in der gewöhnlichen Weise weiter, bis der Kohärer zerfällt und infolgedessen die Feder F den Hauptstrom wieder einschaltet. Es ist noch eine Reihe anderer Schaltungen unter Benutzung des Ruhestromprinzipes möglich.

festigt war, ausgeführt worden. Läfst man zwischen diesem Draht einerseits und der Erde andererseits die elektrischen Funken überspringen, so sendet der Draht elektrische Wellen aus. Der Kohärer bekommt eine entsprechende Einrichtung, und es ist auf diese Weise Herrn Prof. Slaby gelungen, auf eine Entfernung von 21 km (von Schöneberg bei Berlin nach Rangsdorf bei Zossen) zu telegraphieren. Demselben Forscher verdanken wir noch eine andere eigenartige

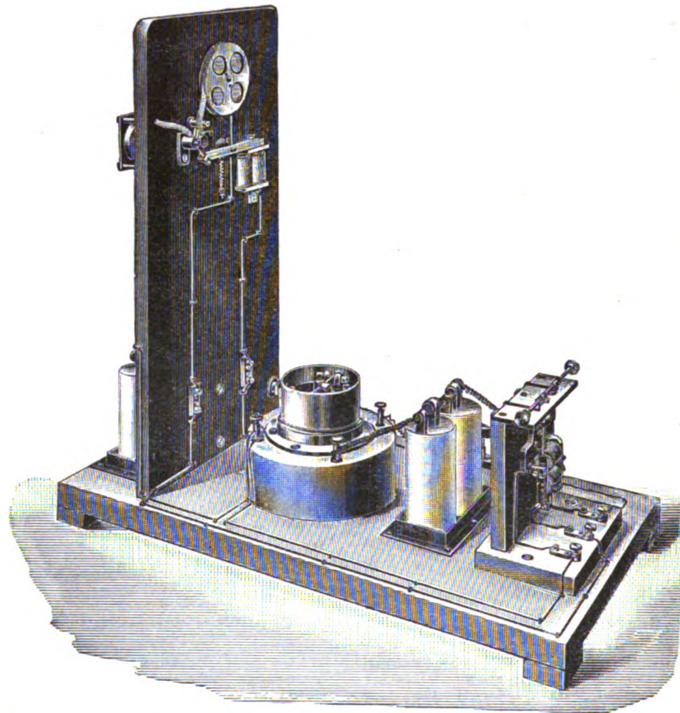


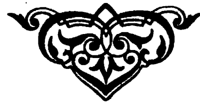
Fig. 10.

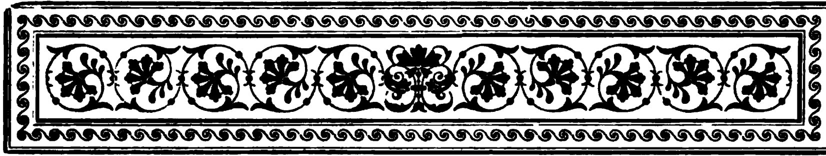
Methode, welche er zum Unterschiede von der Telegraphie ohne Draht „Funkentelegraphie“ nennt, weil es sich hier zwar um ein Telegraphieren mit Hilfe elektrischer Funken handelt, andererseits aber auch ein Draht benutzt wird. Ein Draht, welcher in der Nähe einer Quelle elektrischer Wellen verläuft, vermag dieselben sozusagen aufzufangen und dann weiter zu leiten; ein in der Nähe des anderen Endes befindlicher Kohärer spricht folglich an, und man kann auf diese Weise telegraphieren. Es läge hierin kein besonderer Vorteil gegenüber der gewöhnlichen Telegraphie mit Hilfe der Drähte. Das eigentümliche ist aber, dafs man diese letztere gleichzeitig vor sich gehen lassen kann. Schnell wechselnde elektrische Ströme — und als

solche hat man die elektrischen Wellen in Drähten anzusehen — dringen in das Innere eines Leitungsstückes nicht ein, sondern gleiten an dessen Oberfläche in einer äusserst dünnen Schicht fort. Gleichzeitig gehen nun bei den obigen Experimenten durch das Innere des Drahtes die gewöhnlichen elektrischen Ströme, mittelst deren man eine zweite Depesche zu übermitteln vermag.[7]) Würde man ein Sprachrohr an seinem Anfang mit zwei Sprechansätzen versehen, von denen man den einen durch ein Membran verschlösse, so könnte man diesen letzteren noch zur Übermittelung von Schallwellen benutzen, gleichzeitig aber durch den anderen Ansatz einen Luftstrom nach demselben Ziele befördern. Offenbar wäre das ein ganz analoges Experiment.

Überschauen wir das über die Telegraphie ohne Draht Gesagte noch einmal mit flüchtigem Blick, so werden wir sagen, dafs diese Anwendung der elektrischen Wellen sich zwar noch recht unfertig ausnimmt; denn es sind manche Hilfsmittel wie die Resonanz und die Reflexion im grofsen noch nicht hinlänglich erprobt worden. Wenn sich trotzdem schon recht ansehnliche Resultate ergeben haben, so kann man daraus den Schlufs ziehen, dafs die Frage nach der technischen Verwertung der durch Hertz gefundenen Energieform nicht wieder verstummen wird.

[7]) Für praktische Zwecke kennt man schon seit längerer Zeit einfachere Methoden der Mehrfachtelegraphie. Hier handelt es sich also um ein interessantes physikalisches Experiment.





Grönland.

Vortrag gehalten in der Urania

von Dr. **Erich von Drygalski** in Berlin.

Je weiter die geographischen Forschungsreisen auf den beiden Erdhälften vorgedrungen sind, desto verschiedenartigere Ergebnisse haben sie im Norden und im Süden gezeitigt. Das Südpolargebiet ist von einem zusammenhängenden Meeresringe umgeben, in welchen nur die zugeschärften Enden der drei Südkontinente, wie verloren, hineinragen. Innerhalb dieses Meeres aber ist man fast überall, wo ein weiterer Vorstofs geglückt ist, auf Landmassen gestofsen, welche zwar durch Meeresarme in Halbinseln und Inseln aufgelöst erscheinen, die sich jedoch in einzelnen Gegenden so massenhaft häufen, dafs schon die Reisenden selbst und dann auch kompetente Forscher unserer Tage an das Vorhandensein eines Kontinentes im Südpolareise glauben. Wir haben hierin ein noch ungelöstes Problem, welches das Südpolargebiet stellt, und zwar ein solches von weittragender Bedeutung. Die Blicke aller naturwissenschaftlichen Kreise sind nach dem vermuteten Kontinent im Südpolareise sehnsüchtig gewandt, weil alle von dessen Erforschung eine wesentliche Förderung ihrer Anschauungen und ihrer Kenntnisse erwarten. Die rein geographische Frage, ob dort überhaupt ein Kontinent existiert, wird sich schon durch eine Untersuchung des Südpolareises, welches im Meere umhertreibt, fördern lassen, weil die Zusammensetzung und die Beschaffenheit des Eises auch Schlüsse zuläfst auf den Charakter der Gebiete, in denen es entstand.

Von dem Nordpolargebiete wissen wir andrerseits heute, dafs es der Hauptsache nach ein Meeresraum ist, welcher von einem fast geschlossenen Landringe umgeben wird. Während man früher aber an gröfsere Landmassen in diesem Meeresraum glaubte, und während namentlich die Vorstellung der Geologen das östliche Sibirien mit den arktischen Amerikanischen Inseln durch Landbrücken verband,

hat jede Ausdehnung der Reisen dort das Gegenteil bewiesen und die angenommenen Landmassen nach und nach zertrümmert. Einen bedeutsamen Beitrag und wohl den Schlufsstein in der Reihe dieser Erfahrungen hat die letzt beendete Polarexpedition von F. Nansen gebracht. Sie hat gezeigt, dafs ein tiefes Meer in Fortsetzung der grofsen Tiefen des atlantischen Ozeans und der Grönlandsee zwischen Spitzbergen und Grönland bis zu der Gegend der Neusibirischen Inseln hineinreicht. Und für die Gebiete jenseit des Weges, den Nansen genommen, kann man aus der Beschaffenheit des Eises, das von dorther an der Ostküste Grönlands herabtreibt, im Vergleiche zu der, welche Nansen an seinem Wege sah, schliefsen, dafs auch weiter gegen Norden hin noch Meer existiert. Die Inseln, welche im Nordpolarmeer gefunden sind, haben sich ihrem Baue nach als unmittelbare Fortsetzungen der kontinentalen Länder in ihrer Nähe erwiesen und nicht als die Reste eines selbständigen Kontinents. Die Bäreninsel, Spitzbergen und Franz-Josephsland schliefsen sich eng an die skandinavischen Gebirge an, Nowaja-Semlja an den Paechoi, einen Zweig des Ural, die Neusibirischen Inseln an die sibirischen Gebirgssysteme östlich der Lena und die arktischen Amerikanischen Inseln an Nordamerika selbst.

Das einzige selbständige Gebilde im Nordpolarmeer ist Grönland, wenn es auch in seinem geologischen Bau, wie in seiner Fauna und Flora eine gewisse Verwandtschaft mit dem östlichen Nordamerika zeigt. Grönland ist das gröfste Polarland, welches wir kennen. Mit seinem zugespitzten Südende reicht es bis weit in die gemäfsigte Zone, bis in die Breite von Christiania hinab. Sein breites Nordende, das noch nicht in seinem ganzen Umfange bekannt ist, ragt weiter als alle anderen Inseln des Nordpolarmeeres, nämlich bis über den 83° n. Br. nach Norden hinauf. Grönland liegt wie ein Pfropfen in der breiteren von den beiden Öffnungen, welche das Nordpolarmeer mit den Ozeanen verbinden, und verdankt dieser Lage seine arktische Natur auch dort, wo es schon in der gemäfsigten Zone liegt, indem sich die aus dem Nordpolarmeer gegen Süden herabtreibenden Eismassen an seinen Küsten sammeln und sie umbauen.

Grönland ist vielfach mit Norwegen verglichen worden und bezüglich seiner Gestalt und Lage auch mit Recht. Beide Länder ziehen sich in fast südnördlicher Erstreckung lang gedehnt aus fast derselben Breitenzone nach Norden hinauf. Beide bestehen zum gröfsten Teil aus den ältesten Gesteinen, welche wir kennen, nämlich aus Gneis und Granit. Beide steigen hoch und felsig aus dem Meer empor, bei beiden endlich

sind die Küsten von zahllosen steilwandigen Meeresstrafsen, Sunden und Fjorden zerschnitten und in eine Unzahl von Halbinseln, Inseln und Schären aufgelöst.

Sehr verschieden ist dagegen das Klima der beiden Länder. Norwegen wird von dem Golfstrome bespült, welcher die Wärme der Tropen bis über das Nordkap hinaus nach Spitzbergen und bis in das Polarmeer hineinträgt. In Grönland führen an beiden Seiten kalte Strömungen gewaltige Eismassen südwärts und verbreiten arktische

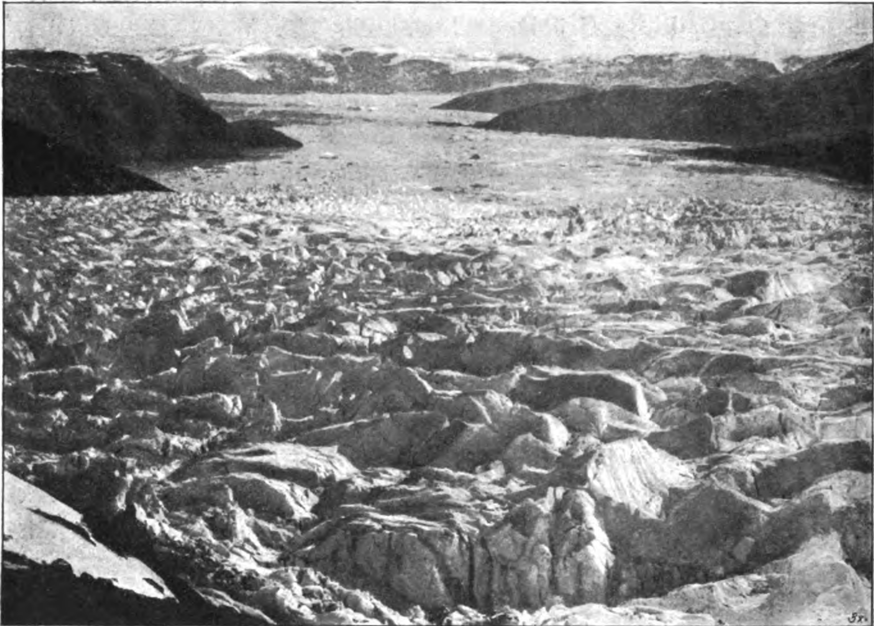


Fig. 1. **Der kleine Karajak-Eisstrom.**

Kälte noch in derselben Breitenzone, wo in Europa Norwegens Hauptstadt Christiania erblüht. Norwegens Küste ist das ganze Jahr hindurch schiffbar, und die Bewohner haben, durch die reiche Küstenentwickelung begünstigt, eine der gröfsten Handelsflotten der Welt. Grönlands Küste ist nur in den Sommermonaten und auch dann der Eismassen wegen nur mit Schwierigkeit zu erreichen, und seine Bewohner treiben anf dem Meere mit ihren Kajaks, jenen kleinen gebrechlichen Fellbooten, einen gefährlichen Erwerb. Der 70.° n. Br. an der Westküste Grönlands entspricht dem 80.° n. Br. an der Westküste Europas, welcher schon Spitzbergen schneidet, und die Südspitze Grönlands ist klimatisch ungünstiger als die Nordspitze von Norwegen gestellt.

So sind denn auch die Verhältnisse im Innern der beiden Länder ganz verschieden. Norwegen ist bis zu seinem nördlichen Ende bewohnt und nutzbar. In Grönland liegt das ganze Innere unter einer zusammenhängenden Eisdecke begraben, welche an Flächenausdehnung das Areal von ganz Skandinavien weit übertrifft. Zwei felsige Küstensäume von wechselnder Breite umranden Grönlands Inlandeis und bieten den Bewohnern des Landes nur die kahlen Wohnstätten, während das Leben und der Erwerb derselben fast ausschliefslich auf der Jagd und dem Fischfang im Meere beruht. Doch auch die Küstensäume sind nicht zusammenhängend, sondern von zahllosen Fjorden durchteilt. Und wenn man sich in den Hintergrund der Fjorde begiebt, dann trifft man auf mächtige Eismauern, die sich in gewaltiger Bewegung in das Meer hinausschieben und in demselben ihre Eisberge lösen. Es sind das die Ausläufer des Inlandeises, welche sich von der zusammenhängenden Eisdecke des Innern abzweigen und in den Senken zwischen den hohen Küstenfelsen teils in steilem Fall, wie der Sermilik-Eisstrom, teils in sanften Neigungen, wie der kleine Karajak, in das Meer hinabsenken (Fig. 1).

Über die Entstehung des Inlandeises hat der dänische Forscher H. Rink eine Erklärung gegeben[1]), welche heute in Einzelheiten wohl der Berichtigung bedarf, welche aber im allgemeinen den Charakter und das Aussehen des Inlandeises auf das beste kennzeichnet. Rink geht von der Ansicht aus, dafs ein so gewaltiges Land wie Grönland, welches nachweisbar eine ganz bedeutende Zahl von Niederschlägen auffängt, auch gröfsere Flufssysteme haben müfste. Die Bäche, welche wir in dem eisfreien Küstengürtel sehen, sind winzig und führen nur geringe Mengen Wasser zum Meer. Die Eisströme aber, welche im Hintergrunde der Fjorde münden, tragen eine Menge von Niederschlägen in fester Form in das Meer hinaus und können somit als die Mündungen der grofsen Abflufssysteme des Landes betrachtet werden. Unter den klimatischen Verhältnissen Grönlands müssen Eisströme die Wasserströme ersetzen.

Wie heute noch die kleinen Bäche des Küstensaumes, wenn sie den ganzen Winter hindurch gespeist werden, was namentlich bei den Gletscherbächen der Fall ist, ihre Thäler von unten nach oben mit einer Eisüberschwemmung erfüllen, indem das zuerst gefrorene Wasser das nachquellende in seiner Bewegung hemmt und staut, sodafs dieses das vorher gebildete Eis überrieselt, um dabei schnell selbst zu er-

[1]) Vergl. Himmel und Erde, Jahrg. III, S. 293, 359, Rink: Die Eisdecke Grönlands als Rest der Glacialzeit unserer nördlichen Eishälfte.

starren, so dachte Rink das ganze Inlandeis durch eine solche Eisüberschwemmung entstanden. Die grofsen Stromsysteme des Innern erfüllten ihre Thäler mit Eis, welches bei stetem Nachquellen des Wassers von unten nach oben wachsend, allmählich auch die Wasserscheiden überstaute und überschwemmte, bis das ganze Land von einer zusammenhängenden Eisüberschwemmung bedeckt war. Diese Eisüberschwemmung dringt in die Küstenfelsen hinein und umgiebt die am meisten gegen das Innere vorgeschobenen Höhen des Landes.

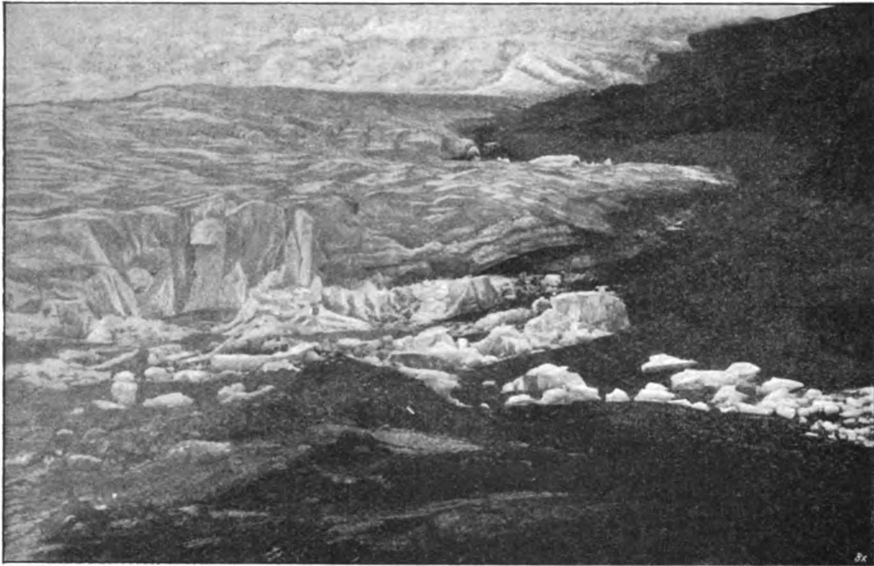


Fig. 2. **Aufwärts strömende Zungen des Inlandeisrandes.**

Die Grönländer pflegen die vom Eise ganz umhüllten Felsen als Nunataks zu bezeichnen.

Die Oberfläche des Inlandeises ist einförmig und fast eben, je mehr man sich von den Küstenfelsen entfernt. Man sieht dort spaltenlose, weifse, kontrastlose Flächen, die sich in weiten flachen Wellen gegen das Land hin senken. Etwas Abwechselung kommt erst in der Nähe des Landes, wo das Inlandeis endigt. Bei der geringen Dicke des Eises treten hier die Formen des Bodens schon bisweilen in Buckelungen oder Einsenkungen des Eises hervor. Klaffende Spalten, die über Höhen und Tiefen gleichmäfsig fortziehen, zerteilen die Flächen. Bäche haben sich steilwandige tiefe Rinnen gegraben, in welchen sie von Ende Juni bis Anfang September lebhaft dahinfliefsen. Die Räume dazwischen sind von kleinen Rinnsalen ausge-

spült und durchzogen, sodafs sie aus einem labyrinthischen Wirrsal von etwa mannshohen Buckeln und Mulden bestehen, und in zahlloser Menge findet man im Sommer die durch Einschmelzen des über die Oberfläche von den Küstenfelsen hergewehten Staubes entstandenen Wasserlöcher und Seen.

Der Rand des Inlandeises selbst zieht über die kleinen Unebenheiten des Bodens ruhig hinweg, durch flache Seen sowohl, wie über niedrige Rücken und Senken. Nur durch die gröfseren Züge des Landes wird er aufgelöst und gegliedert. Vortretende Felsen drängen ihn zurück; in Vertiefungen tritt er vor und steigt unter Umständen auch auf flachen Abhängen hinan. Meine Messungen haben mit Bestimmtheit ergeben, dafs das Eis auf flachen Abhängen aufwärts zu steigen vermag. Seine Bewegung hängt weniger von den Neigungen des Bodens als von den Mächtigkeitsverhältnissen des Eises ab und ist im grofsen und ganzen von den dickeren gegen die dünneren Teile hin gerichtet. Fig. 2 zeigt eine solche einen Abhang aufwärtsströmende Zunge.

Bei den Reisen in Grönland, die ich im Sommer 1891 und dann zusammenhängend vom Frühjahr 1892 bis zum Herbst 1893 ausgeführt habe, habe ich mit dem Zoologen der Expedition, Dr. Vanhöffen, und drei Grönländern wiederholt längere Zeit auf dem Inlandeise geweilt und gearbeitet. Es war unsere Aufgabe, die Bewegungsverhältnisse desselben zu ermitteln, um dadurch Schlüsse auf die Entstehung der diluvialen Ablagerungen in anderen Erdräumen und besonders in Norddeutschland zu gewinnen, welche heute als die Bildungen eines Inlandeises aufgefafst werden, das sich in der letzten geologischen Vergangenheit, in der Eiszeit, von Skandinavien her durch die Ostsee hindurch bis zu den Abhängen des Riesengebirges und des Harz bewegt hat. Wir müssen diese Thatsache aus dem Charakter der Ablagerungen und aus den Wirkungen auf den Untergrund, die damit Hand in Hand gehen, schliefsen; die Verhältnisse aber, unter welchen eine Bewegung so ausgedehnter Eismassen stattfindet, und ihre Ursachen näher kennen zu lernen, war eine der Hauptaufgaben unserer Expedition. Die Bewegung eines Inlandeises unterscheidet sich darin sehr wesentlich von der Bewegung der Gletscher, die wir heute auch in den Alpen studieren können, dafs jene bis zu einem gewissen Grade unabhängig von den Landformen ist und unentwegt über Höhen und Senken hinwegschreitet, während diese in hohem Mafse durch die Formen des Landes bedingt erscheint.

Unser erster längerer Aufenhalt auf dem Inlandeise war im

September 1892. Wir haben zur Ermittelung der Bewegungsverhältnisse damals eine Reihe von Marken auf der Eisoberfläche gesetzt und durch trigonometrische Messungen festgelegt. Als Marken hatte ich Bambusstangen gewählt, welche in $1^1/_2$ bis 2 m tiefen Bohrlöchern aufgestellt wurden. Zur Festlegung dienten Winkelmessungen nach den letzten sichtbaren Spitzen des Landes, deren gegenseitige Lage nnd Entfernung vorher bestimmt war. Im ganzen haben wir im September 1892 57 Marken auf diese Weise festgelegt und durch eine erneuerte Einmessung derselben im Juni 1893 die Verschiebungen derselben bestimmt.

Während unserer Arbeiten auf der Oberfläche des Inlandeises wohnten wir in einem Zelt von leichtem Baumwolltuch mit wasserdichtem Boden, welches mit Hilfe von vier Bambusstangen errichtet wurde. Unsere Unterlage zum Schlafen war das Eis. Unsere Nahrung bestand vorzugsweise aus Reis, welcher mit verschiedenen Zuthaten, namentlich Fleischextrakt, gekocht wurde und im Gegensatz zu der Konservennahrung, deren wir bald überdrüssig geworden waren, immer wohlschmeckend war. Die Temperatur hielt sich am Tage von — 10° bis — 15° C.; in der Nacht wurden auch — 19° C. erreicht. Die Sonne brannte am Tage aber noch mit grofser Kraft und hob die Temperatur bisweilen bis + 20° C. und darüber empor. In der Sonne spürten wir daher keine Kälte, und in der Nacht waren wir durch warme Schlafsäcke aus Opossumpelz, in denen wir lagen, hinreichend geschützt. Schlimm waren nur vier Tage, an welchen wir das Zelt nicht verlassen konnten, weil ein Schneesturm über die einförmigen, kontrastlosen Eisflächen dahinraste und jeden beim Verlassen des Zeltes bis in das innerste Mark durchkühlte. In diesen vier Tagen haben wir nur vegetiert; die einzige Abwechselung war die Bereitung des Mahles.

Ende September 1892 kehrten wir vom Inlandeise zurück und bezogen das Stationshaus, welches wir im Juli auf dem Karajak-Nunatak am Ufer des Kleinen Karajak-Fjords errichtet hatten. Dasselbe bestand aus doppelten Holzwänden und war innen mit Linoleum, aufsen mit Dachpappe verkleidet. Es enthielt zwei Zimmer und einen Zwischenraum, den wir als Vorratskammer und als photographisches Dunkelzimmer benutzt haben. In dem kleineren Zimmer hatten unsere drei Feldbetten genau nebeneinander Platz. Das gröfsere war Wohn- und Arbeitsraum. Es war auch nur 4 m lang und 3 m breit, hat uns aber sowohl zur Arbeit wie gelegentlich zu Tanzvergnügungen mit den Grönländern vortrefflich gedient.

Ich selbst blieb Anfang Oktober nur wenige Tage auf der Station und zog dann mit zwei Grönländern an den Rand des Inlandeises auf die Höhe des Karajak-Nunatak hinauf, wo ich mir eine Unterkunftshütte aus Holz errichtet hatte. Hier bin ich bis in den Dezember 1892 verblieben, um das Randgebiet des Inlandeises und insbesondere einen seiner mächtigsten Ausläufer in das Meer, den Grofsen Karajak-Eisstrom (Fig. 3) eingehend zu untersuchen.

Das Randgebiet des Inlandeises ist dadurch von besonderem Interesse, dafs es von Schuttmengen durchsetzt ist, die sich an dem Rand selbst zu mächtigen Moränenwällen sammeln, während die Oberfläche des Inlandeises jenseit einer schmalen Randzone gänzlich schuttfrei ist und nur noch die schon erwähnten Staubansammlungen trägt. Das Sammeln der Moränen am Rande kommt durch die von den dickeren gegen die dünneren Teile, also gegen den Rand hin gerichtete Bewegung des Eises zu stande und die Aufhäufung des Schuttes zu Wällen dadurch, dafs in dem Eise, namentlich bei entgegenstehenden Hindernissen, eine aufwärtsgerichtete, aufquellende Bewegung vorhanden ist, welche auch die am Boden ruhenden losen Blöcke emporhebt. Die Bewegung in dem Eise hängt mit dauernden Verflüssigungen und Wiederverfestigungen innerhalb seiner Masse zusammen, was man auch daraus schliefsen kann, dafs der in dem Eise enthaltene Schutt durch den Druck der darüber lastenden Eismassen sich zu bestimmten Schichten ordnet, wie es auch Glimmerblättchen in einer geprefsten Lehmmasse thun.

Die Oberfläche des Inlandeises wird, wie erwähnt, mit der Annäherung an Land immer unebener und in den Ausläufern zu dem Meer ist sie ganz aufserordentlich zerklüftet. Auf dem Grofsen Karajak-Eisstrom nahm man in der Nähe des Landes noch bestimmte Spaltenreihen und Systeme wahr; dann aber verschwand bald jede Regelmäfsigkeit und man befindet sich in einem wüfsten Chaos von Eisblöcken, Spitzen und Säulen. Diese Gebiete waren naturgemäfs ganz aufserordentlich schwer zu begehen, besonders im Herbst, als die heftigen Stürme allen Schnee fortgefegt und die Oberfläche geglättet hatten. Alles Schmelzwasser, welches im Sommer die Eisoberflächen belebt, war nun ausgefroren und hatte dieselben vollkommen verglatteist, so dafs man nur mit Hilfe von Eissporen vorwärts kam.

Die Bewegung des Eises steigert sich in den Ausläufern mit der Annäherung an das Meer, wodurch zum gröfsten Teile die riesige Zerklüftung der Eisströme bedingt wird. Die Geschwindigkeit betrug

auf den Höhen des Inlandeises in der Nähe des Landes 0,1 bis 0,3 m in 24 Stunden; sie betrug dort, wo das Eis zum Meere abzusteigen beginnt, schon 6 bis 8 m in 24 Stunden und im Meere selbst 18 bis 19 m in der gleichen Zeit. Bei dieser riesigen Bewegung, welche die der Alpengletscher hundertfach und mehr übertrifft, war es natürlich zwecklos, auf dem Eise Marken zu setzen, weil jeder Augenblick die Formen der Oberflächen verändert. Ich habe hier meine Messungen an auffallenden Eisspitzen selbst angestellt, die aber in der Regel nur

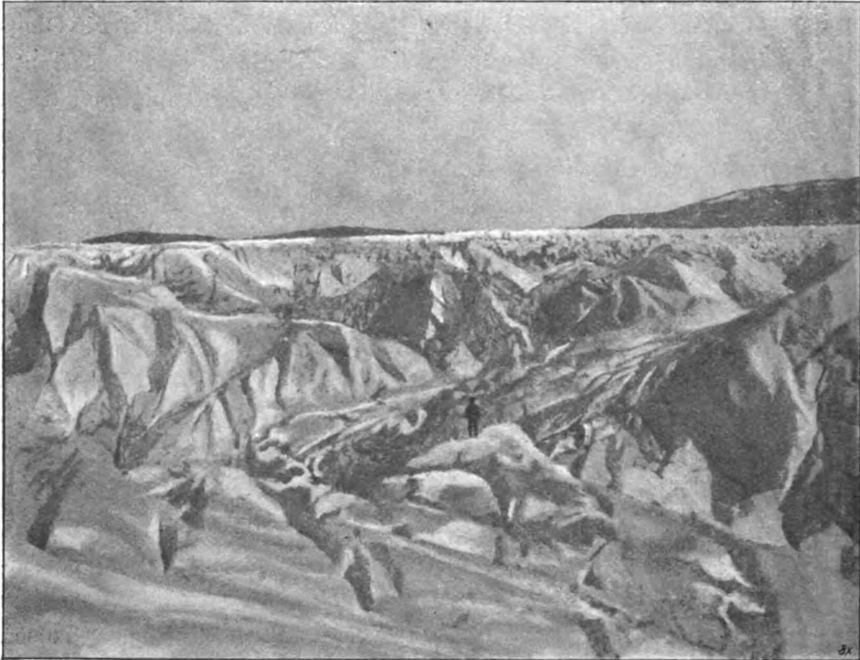


Fig. 3. **Auf dem Grofsen Karajak-Eisstrom.**

wenige Wochen vorhielten, ehe sie zusammenbrachen oder hinter anderen Eisspitzen verschwanden.

Die heftigste Bewegung besitzt der äufserste Teil der Eisströme, welcher im Meere liegt und dort die Eisberge bildet. Figur 4 zeigt den Rand des Grofsen Karajak-Eisstroms in seinem Sommerzustande. Die Höhe der steilen Wand über dem Wasserspiegel beträgt 80 bis 100 m, die Dicke des Eises darunter noch 400—500 m. Die Lage des Randes schwankt in einer Zone, welche eine Breite von 200—300 m besitzt; innerhalb derselben ist die Oberfläche des Eisstroms horizontal, nachdem sie vorher gegen das Meer geneigt war. Die grofsen Eis-

berge brechen aus dem mittleren Teil aus, welcher in einer Breite von etwa 4 Kilometer wie ein angesetzter Kasten in den Fjord hinaustritt.

Die Bildung der Eisberge erfolgt bald an dieser bald an jener Stelle des mittleren Teils und kommt dadurch zu stande, dafs der Auftrieb des Wassers den Eisstrom zerbricht, wenn derselbe bei seinem Strömen in so tiefes Meer kommt, dafs er den Boden verliert und zu schwimmen beginnen mufs. Der ganze vorgebaute Teil hat schon den Boden verloren und ist ein wenig durch das Wasser gehoben, wie man an der Horizontalität der Oberfläche und einer durch das Meer eingefressenen Kehle erkennt, die über dem heutigen Wasser-

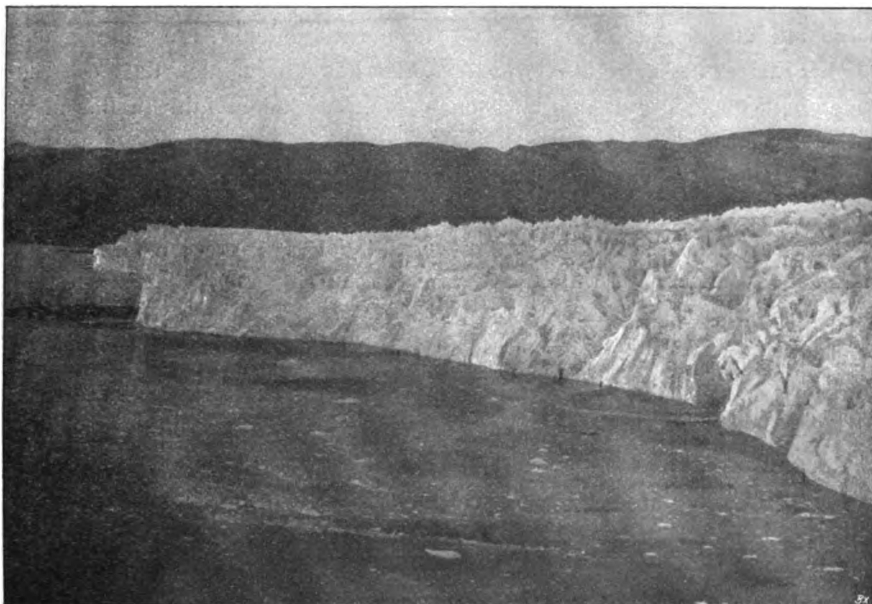


Fig. 4. **Der Rand des Grofsen Karajak-Eisstroms im Sommer.**

spiegel verläuft. Der Zusammenhang mit dem Eisstrome ist aber noch nicht vollkommen gelöst und drückt den vortretenden Kasten ein wenig nieder, da dieser der Neigung des Bodens, wie bisher, zu folgen bestrebt ist. Erst wenn der betreffende Teil des Eisstroms sich der äufseren Grenze seiner Endzone nähert, wo die Tiefe des Meeres weiter gewachsen ist, wird der Zusammenhang gänzlich zerbrochen. In dem Auftrieb des Wassers steigt der losbrechende Eisberg zunächst aus seiner bisherigen Lage, die er im Zusammenhang mit dem Eisstrom hatte, empor und wälzt sich dann unter ohrenbetäubendem Getöse in die Gleichgewichtslage hinein, welche

seine Gestalt beim Schwimmen verlangt. Dabei brechen einzelne Stücke von ihm los, und die Gewalt der Fluten, die bei dem Wälzen des Eisberges entstehen, brechen andere Teile des Eisstromrandes entzwei, sodafs von dort neue Trümmermassen herunterstürzen, die sich mit dem Eisberg in den zurückprallenden Fluten vom Eisstrom entfernen und in dem Fjord davontreiben.

Da die Bewegung der Eisströme auch im Winter nicht ruht werden zu jeder Jahreszeit Eisberge gebildet. Während des einen Jahres, in dem ich am Grofsen Karajak geweilt habe, haben sich im ganzen etwa 50 solcher Kalbungen erster Gröfse ereignet. Daneben brechen aber dauernd kleinere Berge und Trümmer vom Eisrande ab und stürzen in das Meer, so dafs diesem an jedem Tage sehr erhebliche Eismassen zugeführt werden. Ich habe berechnet, dafs die Eismenge, welche durch den Grofsen Karajak in jedem Jahr in das Meer hinausgetragen wird, über 15 Kubikkilometer beträgt, was eine tägliche Produktion von über 40 Millionen Kubikmetern bedeutet. Wenn man nun bedenkt, dafs der Grofse Karajak nur einer von sehr vielen Ausläufern des Inlandeises ist, welche Eisberge bilden, allerdings einer der gröfsten, dann wird man einen Eindruck davon erhalten, wie gewaltige Eismengen dem Meere an der Westküste Grönlands zugeführt werden. Die gröfsten Berge treiben durch die Davis-Strafse südwärts und werden häufig noch in der verkehrsreichen Breite von New York von den transatlantischen Dampfern getroffen. In der That mufs durch die Eisströme hier eine sehr wirksame Abfuhr der im Innern Grönlands gefallenen Niederschläge erfolgen.

Im Winter können die neugebildeten Berge den Hintergrund der Fjorde nicht verlassen, weil diese zugefroren sind. Dann wird die Eisdecke derselben durch die Bewegung der Eisströme und durch die Kalbungsfluten zertrümmert und die Schollen werden zusammengeschoben und übereinander getürmt, so dafs in weitem Umkreis um den Rand der Eisströme ein unpassierbar dichtes Staueis entsteht. Dasselbe ist in der Nähe der Ränder selbst zeitweise so dicht, dafs man diese davon nicht mehr unterscheiden kann. Wenn dann im Juni das Wintereis der Fjorde verschwindet, werden auch die Staueismassen gelockert und allmählich durch die Winde in die äufseren Teile der Fjorde getrieben. Sie dringen bisweilen so dicht und gewaltsam heran, dafs die Häfen und Buchten der Aufsenküste vollkommen blockiert werden. Auch im offenen Meere trifft man solche Schwärme noch an, ehe die Berge dort zersprengt und verteilt werden.

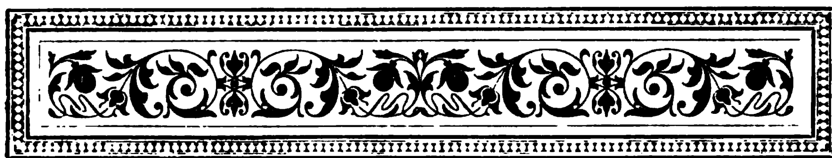
Die Höhe der Eisberge über dem Meere kann 100 m und dar-

über betragen. Da jedoch nur ein siebentel bis ein achtel der Masse beim Schwimmen über das Wasser emporragt, kann man den gröfsten Teil derselben nicht sehen. Hierin beruhen die Gefahren, welche die Eisberge für die Schiffe bringen und diese zwingen, ihnen möglichst weit aus dem Wege zu gehen. Wenn ein Teil des Eisberges losbricht, verändert das ganze seine Gleichgewichtslage und schlägt mit seinen früher unter Wasser verborgenen Teilen an Stellen empor, wo man sie nicht mehr vermutet. Das Meer nagt dauernd an den schwimmenden Eismassen und zertrümmert sie durch die Kraft seiner Wogen, sodafs Loslösung einzelner Teile und darauf folgende Lagenänderungen der ganzen Berge überaus häufig sind.

Bei der heftigen Bewegung, welche das Eis besitzt und welche, wie sich nachweisen läfst, vornehmlich auf den unteren Lagen beruht, ist es wohl zu verstehen, dafs der Untergrund, über den das Eis strömt, stark abgenutzt wird. So tragen denn auch alle die Gebiete, welche früher vereist waren, die deutlichen Spuren davon. Auch in Grönland hat das Inlandeis in der Vorzeit eine gröfsere Ausdehnung gehabt, als heute. Bis zu grofsen Höhen haben die Felsen des Küstensaumes jene gerundeten und polierten Formen, welche auf Eiswirkung zurückzuführen sind, und in gleicher Ausdehnung findet man die erratischen Blöcke zerstreut. Das Eis hat aber nicht alle Teile des Bodens gleichmäfsig angegriffen, sondern vorzugsweise diejenigen, welche durch Verwitterung gelockert waren; indem es die verwitterten und zertrümmerten Gesteine aus den noch festen anstehenden herausschälte, schuf es eine grofse Zahl von Felsenschalen, welche heute mit Wasser erfüllt sind und als Seen erscheinen. Der Seenreichtum aller früher vereisten Gebiete ist bekannt; er ist in dem Küstensaume Grönlands aufserordentlich grofs. Auf dem 20 Kilometer langen und im Mittel etwa 3 Kilometer breiten Kajarak-Nunatak, auf welchem unsere Station lag, gab es gegen 100 gröfsere und kleinere Seen und Teiche; alle waren flache Felsenschalen, die in der angegebenen Weise entstanden waren.

(Schlufs folgt.)





Die Probleme der Astronomie.

Ansprache von S. Newcomb
bei der Einweihung des Flower Observatoriums.

(Schlufs.)

Ich habe die Aufmerksamkeit auf die Sternbewegungen gerichtet, weil sie in nicht allzu ferner Zukunft uns die Mittel an die Hand geben dürften, wenigstens annähernd das schon erwähnte Problem der räumlichen Ausdehnung des Universums zu lösen. Trotz der Erfolge, welche die Astronomen des gegenwärtigen Jahrhunderts bei Ermittlung der Parallaxe einiger Sterne erzielt haben, erweisen doch die neuesten Forschungen, dafs es nur sehr wenige, vielleicht kaum mehr als zwanzig Sterne giebt, deren Parallaxe und folglich auch Entfernung mit dem hinreichenden Grade der Sicherheit bestimmt worden ist.

Viele Parallaxen, welche um die Mitte dieses Jahrhunderts ermittelt worden sind, haben sich als hinfällig erwiesen, sobald die überlegene Methode der Heliometermessungen in Anwendung kam, andere stellten sich bedeutend kleiner heraus, d. h. die Sternabstände mufsten in gleichem Verhältnis gröfser angenommen werden. Mit voller Sicherheit ist die Parallaxe nur bei wenigen Sternen verbürgt; von der grofsen Mehrzahl der Gestirne kann man einfach aussagen, dafs ihre Abstände von der Erde unermefslich sind. Der Halbmesser der Erdbahn, eine Strecke von mehr als 20 Millionen deutschen Meilen in Länge, verschwindet nicht nur, bevor die Entfernung der meisten Sterne erreicht ist, sondern er wird auch in dem Mafse mehr und mehr zu einem Punkte herabgedrückt, als die subtilsten Messungseinrichtungen trotz der enormen Vergröfserungen unserer modernen Instrumente nicht im stande sind, ein Resultat bei der Parallaxen-Bestimmung zu erzielen. Hier kann nun die Bewegung des Sonnensystems uns zu Hilfe kommen. Diese Bewegung, welche uns unablässig durch den Weltenraum führt, kommt uns durch

eine scheinbare Ortsveränderung der Sterne zum Bewufstsein, indem nämlich die Sterne in entgegengesetzter Richtung zur Sonnenbewegung an der Himmelssphäre verschoben erscheinen. Im wesentlichen ist dies derselbe Vorgang, den wir auf der Eisenbahn beobachten, wenn während der Fahrt die Häuser zur rechten und linken Seite hinter uns verschwinden. Es liegt auf der Hand, dafs diese scheinbare Bewegung in dem Grade schneller erfolgen mufs, als die Gegenstände dem Beobachtungsorte näher sind, und daher können wir uns einigermafsen eine Vorstellung von der Entfernung der Sterne machen, wenn wir den Betrag der durch die Sonnenbewegung bedingten Sternverschiebungen ermittelt haben. Bei der überwiegenden Zahl von Sternen der sechsten Gröfsenklasse, der letzten, welche dem unbewaffneten Auge zugänglich ist, hat man diese Verschiebung zu ungefähr drei Bogensekunden im Jahrhundert gefunden. Wer mit solchen Mafsangaben nicht vertraut ist, dürfte sich von der Kleinheit dieser Gröfse kaum eine Vorstellung machen können, und so will ich denn bemerken, dafs ein Doppelstern am Himmel erst dann dem blofsen Auge getrennt erscheint, wenn der Abstand seiner Komponenten 150 bis 200 Bogensekunden beträgt. Wir wollen uns nun vorstellen, dafs wir auf einen Stern der sechsten Gröfsenklasse schauen, der keine Eigenbewegung hat, während wir, d. h. unser Sonnensystem, mit einer Geschwindigkeit von zehn bis dreizehn Kilometern in der Sekunde an ihm vorübereilen. Merken wir uns die augenblickliche Lage dieses Sternes am Himmel, darauf die Lage, welche er 5000 Jahre später einnimmt, so würde ein gutes Auge gerade noch fähig sein, zu unterscheiden, dafs es nicht ein, sondern zwei Sterne sind, die wir derartig markiert haben. Die beiden Sterne würden aber immer noch so nahe bei einander stehen, dafs ein scharfer Abstand zwischen ihnen mit blofsem Auge kaum bemerkbar sein würde. Nur der vergröfsernden Kraft der Teleskope, welche solch kleine scheinbare Abstände auflöst, verdanken wir es, dafs die Bewegung des Sonnensystems in dem kurzen Zeitraum von 150 Jahren, während dem genaue Sternbeobachtungen vorliegen, bestimmt werden konnte.

Die eben beschriebene scheinbare Bewegung ist ziemlich genau bei denjenigen Sternen untersucht worden, welche die Astronomen helle Sterne nennen, d. h. die dem blofsen Auge sichtbar sind. Wie steht es nun aber in dieser Beziehung mit den Millionen von schwachen, teleskopischen Sternen, speziell mit denjenigen, welche die Nebelschleier der Milchstrafse bilden? Die Distanz dieser Sterne ist unzweifelhaft gröfser, ihre scheinbare Bewegung folglich auch

kleiner. Genaue Beobachtungen betreffs dieser Sterne sind erst ganz neuerdings angestellt worden, und deshalb sind wir noch nicht in der Lage, über ihre scheinbare Bewegung etwas bestimmtes auszusagen. Es liegen indessen Anzeichen vor, dafs diese Bewegung sich als eine durchaus mefsbare Gröfse herausstellen wird. Vor Ablauf des zwanzigsten Jahrhunderts dürfte dieselbe für eine weit gröfsere Anzahl kleiner Sterne bestimmt sein, als dies bisher geschehen ist. Eine photographische Aufnahme des gesamten Himmels ist jetzt dadurch zu stande gekommen, dafs die Sternwarten der meisten Kulturstaaten sich zu gemeinsamer Wirksamkeit auf diesem Gebiete vereinigt haben. Ich kann nicht sagen, dafs alle Kulturstaaten an dieser Arbeit teilnehmen, denn in diesem Falle müfste ich unseren eigenen Staat ausschliefsen, der zum gröfsten Bedauern dem Unternehmen fern geblieben ist. Wenn nun, wie zu erwarten steht, eine Wiederholung der Himmelsaufnahme stattfinden wird, werden wir aus dem Vergleich beider Aufnahmen ersehen können, welchen Einflufs die Sonnenbewegung auf die Veränderung der Sternörter hat, und vielleicht wird dann auf das in Frage stehende Problem neues Licht geworfen werden.

In enger Beziehung mit dem die räumliche Ausdehnung des Weltalls betreffenden Probleme steht ein weiteres, welches allem Anscheine nach für uns unlösbar bleiben wird, weil es uns mit dem Begriff des Unendlichen in zu nahe Berührung bringt. Wir glauben vertraut zu sein mit den Millionen beziehungsweise hundert Millionen Jahren, welche nach Aussage der Geologen verstrichen sein sollen, bis die Erdkruste ihre jetzige Gestalt annahm, die Berge sich auftürmten, die Felsen fest wurden und die Stufenreihe der Lebewesen kam und wieder verschwand. Hundert Millionen Jahre! Das ist in der That ein gewaltig langer Zeitraum, und doch, wenn wir die Wandlungen betrachten, die während dieser Zeit sich vollzogen haben, so umfassen wir damit immer noch nicht die Ewigkeit selbst, welche, für unser geistiges Auge mit einem Schleier bedeckt, gewissermafsen die unendliche Folge der Wandlungen darstellt, welche der Fortschritt der Zeit bedingt. In bezug auf die Sternbewegungen aber stehen wir dem Rätsel der Ewigkeit und Unendlichkeit gegenüber, ohne dafs hier etwas verschleiert wäre. Doch würde ein gewisser Grad von Wagemut dazu gehören, dogmatisch über einen Gegenstand zu sprechen, dessen Daseinsgründe so sehr dem sterblichen Auge verborgen sind wie die Dinge dort oben in den Tiefen des Weltalls. Handelt es sich jedoch mehr um Vermutung als um positive Gewifsheit, so scheint mir der Schlufs unabweisbar, dafs einige Sterne sich

mit solcher Schnelligkeit durch den Weltenraum bewegen, dafs die Anziehung aller Körper des Universums nimmermehr imstande ist, ihren Lauf zu hemmen. Ein solcher Fall liegt beim Arctur vor, diesem hellroten, dem Menschengeschlechte seit undenklichen Zeiten bekannten Stern, der an klaren Abenden des Mai und Juni nahe im Scheitelpunkt unseres Himmels erglänzt. Ein anderer derartiger Fall betrifft einen Stern, der in den Sternkatalogen unter 1830 Groombridge verzeichnet ist; auch er übertrifft in Bezug auf Eigenbewegung, wie sie sich von der Erde aus darstellt, alle anderen Sterne. Man mufs zunächst natürlich annehmen, dafs der Stern sich so schnell bewegt, weil er der Erde nahe steht, indessen die besten Messungen seiner Parallaxe deuten darauf hin, dafs sein Abstand zum mindesten zweimillionenmal gröfser ist als der Abstand der Erde von der Sonne, und dies ist noch niedrig bemessen. Seine Geschwindigkeit kann hiernach nicht geringer als 43 deutsche Meilen in der Sekunde sein. Mit dieser Geschwindigkeit würde er den Umfang der Erde in etwa zwei Minuten durchlaufen, und würde er in unserer Breite um die Erde eilen, so hätten wir ihn mehrere Male seit Beginn unserer Unterhaltung über unsere Köpfe hinwegsausen sehen. Die Reise von der Erde bis zur Sonne würde er in fünf Tagen zurücklegen, und wenn er jetzt im Zentrum unseres Systems sich aufhält, würde er wahrscheinlich in einer Million Jahren die Grenzen dieses Systems erreichen. Wir kennen keine Naturkraft, die befähigt wäre, dem Stern eine so gewaltige Bewegung mitzuteilen, keine Kraft, welche dieselbe wieder vernichten könnte. Was hatte denn dieser Stern für eine Geschichte, und wenn Planeten ihn umkreisen, auf denen denkende Wesen sich befanden, was haben diese Wesen im Verlaufe der Zeiten, die nach Ansicht der Geologen und Naturforscher seit Bestehen des Erdballs verstrichen sind, alles erleben müssen? Gab es eine Zeit, vielleicht als unsere Erde noch ein Glutball war, in der diese Wesen nachts nur einen dunklen, sternenlosen Himmel über sich erblickten? Und hat es dann während der frühesten geologischen Epochen einen Augenblick gegeben, in dem an diesem Himmel ein kleines, schwaches Lichtpünktchen allmählich zu erscheinen begann? Wurde dieses Lichtpünktchen gröfser und gröfser als Millionen nach Millionen Jahre verstrichen? Füllte es zuletzt den ganzen Himmel aus und teilte sich in die Sterngruppierungen, wie wir und jene Lebewesen sie jetzt erblicken? Und wenn neue Millionen Jahre verflossen sind, werden die Sterngruppierungen für diese Wesen sich wieder auf der entgegengesetzten Seite des Himmels zusammenschliefsen und nach und nach wieder zu

einem Lichtpunkt herabsinken in dem Mafse wie der Stern seinen durch nichts gehemmten Lauf durch die Wüste des Weltraumes verfolgt, wobei er sich von unserem Fixsternsystem weiter und weiter entfernt, bis er zuletzt selbst in unseren stärksten Teleskopen verschwunden sein wird? Wenn die Grundlagen unserer heutigen Wissenschaft für alle Zeiten mafsgebend bleiben, was mir in hohem Grade zweifelhaft erscheint, dann müssen diese Fragen in bejahendem Sinne beantwortet werden. Schliefslich bleibt aber immer noch die weitere Frage, woher kam denn dieser Stern, und wohin führt ihn seine Bahn?

In unmittelbarer Verbindung mit diesen Problemen steht dasjenige, welches sich mit der Lebensdauer unseres Planetensystems befafst. Die Entdeckung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie hat ja wiederum die Frage angeregt, wie lange unser Sonnenball bereits existiert, und wie lange derselbe in Zukunft noch Licht und Wärme spenden wird. Die moderne Wissenschaft sagt uns, dafs die Licht- und Wärmemenge, welche im Sonnenkörper aufgespeichert ist, notwendigerweise eine begrenzte sein, und dafs der Vorrat bei der unablässigen Ausstrahlung mit der Zeit einmal zu Ende gehen mufs. Wie eine sehr einfache Berechnung zeigt, dürfte die Abkühlung der Sonne in drei- bis viertausend Jahren zu erwarten stehen, falls keine Ersatzquelle für den Wärmeverlust vorhanden ist. Woher kommt nun dieser Ersatz? Seit etwa dreifsig Jahren glaubt man, dafs derselbe in einer vermeintlichen Zusammenziehung des Sonnenkörpers zu suchen sei. Verhält es sich so, dann wäre diese Kontraktion allerdings zu klein, als dafs ihre Existenz jetzt schon durch Beobachtung zu erweisen wäre; es müfsten schon einige Jahrtausende vergehen, bevor sie mit unseren Instrumenten gemessen werden kann. Giebt man zu, dafs dies die einzige Ersatzquelle für die Sonnenwärme ist und stets war, so zeigt eine einfache Berechnung, dafs das Tagesgestirn sicher den gegenwärtigen Wärmebetrag schon länger als zwanzig oder dreifsig Millionen Jahre gespendet hat. Vor dieser Zeit müssen einst Erde und Sonne einen gemeinsamen Körper gebildet haben, einen gewaltigen Nebel, durch dessen Verdichtung vermutlich beide entstanden sind. Freilich behaupten ja die Geologen, dafs das Lebensalter der Erde nach hunderten von Millionen Jahren zählt, und so stehen wir denn hier wiederum vor einem Rätsel, dessen Lösung bei dem gegenwärtigen Stande unseres physikalischen Wissens noch in weiter Ferne liegt.

Die Probleme, von denen ich bis jetzt gesprochen habe, gehören

der sogenannten „Alten Astronomie“ an. Wenn ich mich dieser Bezeichnung bediene, so geschieht dies, weil derjenige Zweig unserer Wissenschaft, der durch das Spektroskop ins Leben gerufen worden ist, oft unter der Benennung „Neue Astronomie“ zusammengefafst wird. Im allgemeinen kann man erwarten, dafs mit einem neuen und kräftigen Aufschwung der wissenschaftlichen Forschung alles das beseitigt wird, was mit dem Schimmel des Alters behaftet ist. Hinsichtlich der alten Astronomie — wenn man diese überhaupt als alt bezeichnen kann — liegt die Sache indessen doch anders. Mehr denn jemals eröffnet sie uns gegenwärtig Aussicht auf zukünftige Entdeckungen; sie erkennt zwar das Spektroskop als ein sehr nützliches Hilfsmittel an, das neue Forschungswege anbahnen kann, doch ist sie keineswegs geneigt, die Herrschaft demselben zu überlassen. Wie wertvoll das Spektroskop in dieser Beziehung werden kann, ist kürzlich von einem holländischen Astronomen gezeigt worden. Dieser fand nämlich, dafs die Sterne, welche ein und denselben Spektraltypus aufweisen, zum gröfsten Teil der Milchstrafse angehören und weiter als die übrigen Sterne von uns entfernt sind.

Auf dem Gebiete der neueren Astronomie besitzen zweifellos diejenigen Arbeiten das höchste Interesse, welche sich mit der Erforschung der Kometen befassen. Alle die rätselhaften Eigenschaften, welche diese Körper hinsichtlich ihrer physischen Konstitution darbieten, konnten durch die Spektralanalyse noch nicht geklärt werden, im Gegenteil sind dadurch neue Schwierigkeiten erwachsen. Dagegen hat sich die ältere Astronomie in befriedigender Weise ihrer Aufgabe entledigt, indem sie alles klarstellte, was auf die äufsere Erscheinung der Kometen Bezug hat, ja sie hat uns selbst über Ursprung und Ende der Kometen einigen Aufschlufs erteilt, soweit überhaupt Fragen über Ursprung und Ende der Dinge in die Domäne der Wissenschaft fallen. Wir wissen jetzt, dafs die Kometen Angehörige unseres Sonnensystems sind, nicht etwa Wanderer von Stern zu Stern durch die Himmelsräume, die nur vorübergehend in unser System eindringen. Ihre Bahnen erstrecken sich überaus weit, sodafs tausend, ja hunderttausend Jahre für einen Umlauf um die Sonne erforderlich sind. Zuweilen tritt der Fall ein, dafs ein Komet so nahe beim Jupiter vorübereilt, dafs er durch die Anziehungskraft dieses mächtigen Planeten festgehalten wird. In dem Bestreben, dem Jupiter zu folgen, kann er dann so viel von seiner ursprünglichen Geschwindigkeit einbüfsen, dafs seine Umlaufszeit sich bis auf wenige Jahre verkürzt, und es den Anschein gewinnt, als habe sich in unserem

Sonnensystem ein neues Mitglied eingefunden. Wenn nun die Bahn eines solchen Kometen von kurzer Umlaufszeit oder auch sonst eines Kometen die Bahnebene der Erde durchschneidet, und letztere sowohl wie der Komet sich gerade in der Nähe des Durchschnittspunktes bewegen, kann es vorkommen, dafs ein Sternschnuppenfall eintritt. Die grofsen Novemberfälle, welche sich dreimal im Jahrhundert wiederholen, deren letzter bekanntlich in den Jahren 1866/67 stattfand, werden um 1900 wieder erwartet. Ihre Ursache ist ein Komet, der seit 1866 nach den Grenzen unseres Sonnensystems gewandert ist, und wahrscheinlich in zwei Jahren zu uns zurückkehren wird.

Alle diese Dinge verraten uns aber nichts über die Naturbeschaffenheit der Kometen. Besteht ein solcher Körper aus isolierten Massenteilchen, oder besitzt er einen festen Kern, dessen Anziehung seine Materie zusammenhält? Werden die Angaben des Spektroskops in der gewöhnlichen Weise gedeutet, so folgt aus ihnen, dafs ein Komet einfach eine Masse von Kohlenwasserstoffgas darstellt und mit eigenem Licht leuchtet. Indessen hat diese Deutung doch noch einige unaufgeklärte Punkte. Dafs nämlich das Kometenlicht reflektiertes Sonnenlicht ist, geht ja einfach aus der Zunahme seiner Helligkeit hervor, sobald er sich der Sonne nähert, sowie aus seiner Helligkeitsabnahme, wenn er sich von der Sonne entfernt.

Unter den spektralanalytischen Problemen will ich nur die elegante und sinnreiche Lösung erwähnen, welche das Rätsel der Saturnringe gefunden hat. Wir verdanken dieselbe dem Astronom Keeler vom Allegheny-Observatorium. Während man aus mechanischen Gesetzen schon längst geschlossen hat, dafs die Ringe keine feste Masse bilden können, hat Keeler den direkten Beweis erbracht, dafs dieselben aus getrennten Massenteilen bestehen, indem er durch ein spektralanalytisches Verfahren zeigte, dafs die inneren Ringteile sich schneller als die äufseren bewegen. Die Frage nach der Atmosphäre des Mars ist ebenfalls durch Campbells Untersuchungen auf dem Mt. Hamilton bedeutend gefördert worden. Obwohl noch nicht erwiesen ist, dafs Mars keine Atmosphäre besitzt — denn die Existenz einer solchen kann wohl kaum bezweifelt werden —, tritt der Astronom des Mt. Hamilton doch mit grofser Entschiedenheit dafür ein, dafs diese Atmosphäre äufserst dünn sein mufs, weil sie eine merkliche Absorption der Sonnenstrahlen nicht erzeugt.

Besondere Aufmerksamkeit ist neuerdings auch der physischen Beschaffenheit der Planeten und den Oberflächengebilden dieser Körper zugewandt worden. Auf diesem Forschungsgebiet haben sich

besonders unsere Landsleute in dankenswerter Weise bethätigt. Wollte ich jedoch alle hierbei erzielten Resultate erwähnen, so könnte ich nur zu leicht einen gefahrvollen Boden betreten, da viele Fragen noch nicht spruchreif sind. Mr. Percival Lowell hat bekanntlich eine Sternwarte in einer Gegend gegründet, die sich ihrer günstigen atmosphärischen Verhältnisse wegen ganz besonders für Planetenbeobachtungen eignet. Der dabei bewiesenen Energie werden gewifs alle Astronomen die höchste Bewunderung zollen, aber man darf doch den Umstand nicht aufser Acht lassen, dafs selbst die befähigsten und geschicktesten Beobachter sehr leicht Irrtümern ausgesetzt sein können, wenn sie den Versuch machen, die Gestaltungen auf Himmelskörpern klarzustellen, welche viele Millionen Kilometer von der Erde entfernt sind und überdies nur durch ein so zahlreichen Störungen unterliegendes Medium, wie die irdische Atmosphäre, betrachtet werden können. Selbst wenn es sich um solche Dinge wie die Kanäle des Mars handelt, darf man Zweifel durchaus nicht zurückweisen.

Es steht ja aufser Frage, dafs gewisse Merkmale vorhanden sind, denen Schiaparelli den Namen „Kanäle" beigelegt hat; ob aber diese Merkmale mit den feinen, scharfen und gleichmäfsigen Linien identisch sind, die sich auf der Schiaparellischen Marskarte vorfinden, ist doch sehr fraglich. Zum mindesten ist es befremdend, dafs Barnard auf dem Mt. Hamilton, obwohl ihm das kraftvollste Instrument zur Verfügung steht und er unter sehr günstigen atmosphärischen Bedingungen beobachtet, in den betreffenden Merkmalen durchaus nicht Schiarapellis Kanäle erblicken kann.

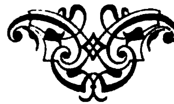
Ich habe mir am Schlufs noch einen sehr wichtigen Gegenstand zur Erörterung vorbehalten; derselbe fällt ganz und gar in das Gebiet der alten Astronomie, und ich freue mich, hier aussprechen zu können, dafs diese Sternwarte sich speziell mit demselben zu beschäftigen haben wird. Es handelt sich nämlich um die Frage der Polhöhen-Veränderungen. Vor zehn Jahren hat man von diesen Veränderungen noch kaum etwas gewufst; erst in den letzten acht Jahren sind sie in Deutschland durch Beobachtungen aufgedeckt worden, und bereits ist es gelungen, eine gewisse Gesetzmäfsigkeit in dieser Erscheinung zu finden; unser Kollege Chandler hat hierbei gute Erfolge erzielt. Der Nordpol ist kein fester Punkt auf der Erdoberfläche, sondern er verschiebt sich auf einem ziemlich unregelmäfsigen Wege. Die Bewegung ist allerdings sehr geringfügig; ein Kreis von etwa 20 m Durchmesser umschliefst die gröfsten Lagenänderungen des Pols. Soweit nun die Interessen des täglichen Lebens

in Betracht kommen, mufs eine solche Lagenänderung des Poles natürlich als äufserst belanglos gelten, für die Astronomie dagegen ist sie von grofser Wichtigkeit. Es handelt sich hierbei übrigens nicht um eine Bewegung des Erdpols im Weltenraume, vielmehr um eine Schwankung des Erdkörpers um seine Drehachse. Wir können noch garnicht wissen, welche bedeutsamen Folgen für die Lebensverhältnisse der Menschen aus der Polverschiebung sich ergeben werden, wenn es uns gelingen sollte, die noch unbekannten Kräfte des Vorganges aufzudecken.

Der Leiter dieser Sternwarte hat sich bereits um die Erforschung und Untersuchung dieser Bewegungserscheinungen ein hervorragendes Verdienst erworben, und es ist höchst erfreulich, dafs seine Arbeiten jetzt ihren Fortgang nehmen können. Ausgezeichnete Instrumente, ganz hervorragende Erzeugnisse der mechanischen Kunstfertigkeit Amerikas stehen für diesen Zweck zur Verfügung. Ich kann nur die Versicherung abgeben, dafs die Astronomen der ganzen Welt mit grofser Spannung die Resultate erwarten, welche Prof. Doolittle sicher bei diesem schwierigen Unternehmen erzielen wird. Es ist ein weiser Grundsatz der heutigen Astronomen, nur eine Sache in Angriff zu nehmen, dieselbe dafür aber auch voll und ganz in die Hand zu nehmen, und für diese eine Sache dürfte das kleine Observatorium, so beschränkt seine Mittel auch sind, auf das glänzendste ausgestattet sein.

Nun bleibt noch eine Frage übrig, welche mit der Erforschung des Weltgebäudes in Beziehung steht. Bisher habe ich dieselbe nicht berührt, und im Grunde genommen ist sie auch nur von transcendentalem Interesse. Welche Möglichkeit für die Entwickelung organischen Lebens, sowohl in materieller wie in intellektueller Beziehung, kann auf den Weltkörpern vorhanden sein? Darüber können wir ja keinen Augenblick im Zweifel sein, dafs unser eigener kleiner Planet nicht der alleinige im grofsen Weltall ist, auf dem man die Früchte der Civilisation geniefst, auf dem sich trauliche Wohnstätten, Freundschaft und endlich die Sehnsucht vorfinden, in die Geheimnisse der Schöpfung einzudringen. Indessen gehört diese Frage heut nicht mehr zu den Problemen der Astronomie, auch können wir nicht erwarten, dafs sie jemals durch diese Wissenschaft Erledigung finden wird. Als das Spektroskop noch ein jugendliches Werkzeug in den Händen der Forscher war, da bildete man sich wohl ein, dafs es möglich sein könne, gewisse Eigenschaften bei Strahlen zu finden, die von belebter Materie, speziell von der Vegetation, zurückgeworfen

werden, und dafs man mittelst derselben diese Strahlen von solchen werde unterscheiden können, die von unbelebter Materie herrühren. Aber diese Hoffnung ist nicht verwirklicht worden, noch scheint es denkbar, dafs sie sich jemals verwirklichen lassen wird. Der Astronom darf seine Kräfte nicht hoffnungslosen Träumereien über Dinge opfern, von denen er niemals etwas erfahren kann, und daher überläfst er die Frage nach der Mehrheit der Welten anderen, die über diese Dinge zu urteilen sich für befähigter halten als er selbst.





Zur Sonnenphysik.

Eine bemerkenswerte Ansicht über die Entstehung der Protuberanzen und die Quellen der strahlenden Sonnenenergie hat Prof. Otto N. Witt in einer der neuesten Nummern[1]) der von ihm trefflich redigierten Zeitschrift „Prometheus“ entwickelt. Indem Witt neben der Dissoziation der Elemente im Inneren des Sonnenballs auch die Diffusion der Gase in gebührendem Maſse berücksichtigt, gelingt es ihm, einen Kreislaufprozeſs der Bestandteile des Wassers zu konstruieren, als dessen sichtbarer Teil sich in ungezwungener Weise die Protuberanzen ansehen lassen. Da die Temperatur der den Sonnenball umhüllenden Gasschichten von auſsen nach innen beträchtlich zunehmen muſs, wird in nicht groſser Tiefe schon eine Hitze von über 2000° anzutreffen sein, bei welcher die Bestandteile des Wassers nur im dissoziirten Zustande existieren können. Durch Diffusion werden nun Sauerstoff und Wasserstoff von hier aus auch in äuſsere, kühlere Schichten der Sonnenhülle eindringen, wo sie sich unter lebhafter Licht- und Wärme-Entwickelung zu Wasserdampf vereinigen können, welchem von Zeit zu Zeit sich einleitenden Vorgang wir eben das Sichtbarwerden einer Protuberanz verdanken. Wo kommt nun der massenhaft gebildete Wasserdampf hin? Er diffundiert nach Witt wieder ebenso in die tieferen Schichten hinein, wie seine Elemente vorher hinausdiffundiert waren, bis bei hinreichend tiefem Eindringen unter Bindung einer entsprechenden Wärmemenge wieder Dissoziation eintritt und damit der solare Kreislauf des Wassers geschlossen ist, um stets von neuem zu beginnen.

In tieferen Teilen des Sonnenballs, wo die Temperaturen sicherlich unvergleichlich viel höher sind als in den peripherischen Schichten, dürfte vermutlich noch eine weitere Dissoziation anzunehmen sein, nämlich die der Moleküle in elementare Atome. Jedes uns auf Erden bekannte Wasserstoffmolekül besteht nach gutbegründeten chemischen Hypothesen aus zwei mit groſser Kraft anein-

[1]) No. 411, Rundschau.

andergeketteten Wasserstoffatomen, doch ist es höchst wahrscheinlich, dafs auch diese Verbindung durch hinreichend energische Wärmeschwingungen gelöst werden könnte. Es könnte daher im tieferen Inneren der Sonne der Wasserstoff einen ähnlichen, durch Diffusion und Dissoziation bedingten, radialen Kreislauf vollführen, wie ihn Wasserstoff und Sauerstoff und jedenfalls auch andere Substanzen in den kühleren Regionen durchmachen. Dissoziirte Wasserstoffatome werden nach aufsen diffundieren und in Schichten von niedrigerer Temperatur unter Wärmeentwicklung sich zu Molekülen verbinden, die nun ihrerseits wieder nach innen diffundieren, um abermals durch die dort herrschende, höhere Temperatur unter Bindung von Wärme dissoziirt zu werden. Der Erfolg würde in diesem, wie in dem zuerst erörterten Falle ein Wärmetransport von innen nach aufsen sein, sodafs auf diese Weise die Kosten der von der Sonnenoberfläche ausstrahlenden, gewaltigen Energie von einem grofsen Teil der gesamten Sonnenmasse getragen werden und eine Erkaltung der äufseren Schichten trotz der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit der Gase noch auf lange Zeit verhindert werden würde.

Wenn wir auch Witts Auffassung der Protuberanzen deshalb skeptisch gegenüberstehen, weil diese ja zumeist nicht das Aussehen der weifsen Wasserstoff-Flamme, sondern das des nur glühenden und dabei rötlich-violett leuchtenden Wasserstoffes haben, und weil aufserdem die Existenz von Sauerstoff auf der Sonne spektralanalytisch noch nicht nachgewiesen ist[2]), so glaubten wir dennoch, unseren Lesern von den interessanten Ausführungen eines so angesehenen Chemikers Kenntnis geben zu sollen, da durch die von Witt unseres Wissens zum ersten Mal mit Nachdruck betonte Bedeutung der Diffusion ein neues und wichtiges Moment in die gewifs für lange Zeit noch nicht abgeschlossenen Spekulationen über solare Vorgänge eingeführt worden ist und Kreisprozesse von der durch Witt an zwei Beispielen erläuterten Art wohl jedenfalls eine bedeutsame Rolle im Haushalt der Sonnenenergie spielen dürften.

F. Kbr.



Schätzung der Gesamtmasse der kleinen Planeten.

Die vielen Asteroiden, welche zwischen Mars und Jupiter ihre Bahnbewegung vollziehen, sind ihrer Überzahl nach sehr kleine Körper, so dafs eine direkte Bestimmung ihrer Durchmesser durch

[2]) Vergl. Himmel und Erde, Jahrg. VII, Seite 228.

mikrometrische Messungen schwerlich ausführbar ist, wir also auf diesem Wege zu keiner Kenntnis ihres Rauminhaltes und daher zu keiner Schätzung der Masse der einzelnen Asteroiden sowie der Gesamtgruppe gelangen werden. Nur betreffs der hellsten drei Asteroiden ist in neuerer Zeit eine direkte Messung von Barnard ausgeführt worden. Derselbe fand für Ceres 780 km Durchmesser, für Pallas 490, für Vesta 390 km. Da die Hauptmenge der Planetoiden einen viel kleineren Durchmesser besitzt, und auch kaum Aussicht vorhanden ist, die Masse einzelner aus den gegenseitigen Störungen der Planetoiden ableiten zu können, indem sie einander zu wenig nahe kommen, so bleibt nur das Hilfsmittel, aus der Helligkeit dieser Gestirne auf den Betrag ihres Durchmessers einen Schlufs zu wagen. Dies läfst sich, weil die Gröfsenschätzungen (Helligkeitsschätzungen) der Planetoiden bekannt sind, durchführen, wenn man nur darauf Rücksicht nimmt, inwiefern die Planetoiden das Sonnenlicht in Folge der sie umgebenden Atmosphären mehr oder weniger stark reflektieren. Mit Rücksicht auf die aus den photometrischen Untersuchungen einer Anzahl Planeten von G. Müller und Packhurst gewonnenen Resultate, hat Prof. Weiss die Volumina der Planetoiden aus den photometrisch abgeleiteten Durchmessern berechnet, indem er dabei die sehr geringe Rückstrahlungsfähigkeit der Ceres zu Grunde legte. Danach ergiebt sich für die ersten 398 Asteroiden folgende Übersicht des Volumens, wenn man die Asteroiden gruppenweise nach der Gröfse der Durchmesser zusammenfafst:

	Durchmesser in Kilometern	Anzahl der Planetoiden	Gesamtvolumen derselben in Millionen v. Kubikkilometern
I.	12— 26	21	0,13
	27— 43	26	0,64
	45— 62	62	5.29
	65— 78	54	10,46
	82— 98	72	27,59
	103—124	56	42,12
	130—156	52	78,37
	163—196	30	92,33
II.	205—236	12	61,49
	247—284	8	76,27
	326—341	3	59,67
	486	1	60,10
III.	804	1	272,13

A. Berberich macht darauf aufmerksam, dafs aus dieser Zusammenstellung hervorgeht, dafs die Gruppe I der Planetoiden, 373 Gestirne umfassend, dem Gesamtvolumen nach der Gruppe II, die nur 24 Planetoiden hat, und der Gruppe III, welche nur durch die Ceres allein repräsentiert wird, gleichkommt, indem das Gesamtvolumen 256,93 resp. 257,73, und 272,13 beträgt; also ist das Gesamtvolumen aller bekannten Asteroiden zusammen nur dreimal so grofs als das der Ceres allein. Um aus dem Volumen die Masse zu ermitteln, bedarf es noch der Kenntnis der Dichte. Berberich benützt das Ergebnis der photometrischen Untersuchungen der kleinen Planeten, dafs sich diese Körper bezüglich der Helligkeit wie der Mond oder der Mars verhalten, und nimmt ihre Dichte gleich der des Mondes an, welche 0,6 der Erddichte ist. Für die Ceres würde sich dann als Masse $^1/_{81}$ der Mondmasse ergeben, also ihr Massenverhältnis zum Monde etwa so stehen, wie das des Mondes zur Erde. Da das Volumen aller übrigen Asteroiden nur dreimal gröfser als dasjenige der Ceres gefunden wurde, so ist die Gesamtmasse aller Planetoiden nur $^1/_{27}$ der Mondmasse.



Über die Identität des Lexellschen Kometen mit neueren periodischen Kometen.

Am 14. Juni 1770 wurde von Messier ein Komet entdeckt, welcher für die Astronomen ein sehr merkwürdiges Objekt werden sollte. Lexell fand nämlich, dafs die Umlaufszeit des Gestirnes nur 5,58 Jahre betrage, und vermutete, dafs die Bahn aufserordentlichen Störungen durch die Einwirkungen des Planeten Jupiter ausgesetzt sei. Dieses Resultat, welches die Astronomen des vorigen Jahrhunderts nicht wenig überraschte, weil es die Existenz von Kometen, die von der sonst gewöhnlichen parabolischen Bahn abweichen, zum ersten Male nachwies, wurde in der Folge durch eine spezielle rechnerische Untersuchung von Burckhardt noch bestätigt. Der Komet hätte nun im März 1776 und im Oktober 1781 der gefundenen elliptischen Bahn gemäfs wieder zurückkehren sollen, allein er erschien nicht. Im 4. Bande der berühmten „Mécanique céleste“ deckte Laplace die Ursache des Nichterscheinens auf: der Komet war in den Jahren 1767 und 1779 dem Jupiter aufserordentlich nahe gekommen, dafs eine gänzliche Veränderung der Bahnlage des Kometen erfolgen mufste. Nahezu 40 Jahre später beschäftigte sich Leverrier eingehend mit der Berechnung der Veränderungen, welchen die Kometen-

bahn durch die störende Wirkung der grofsen Planeten unterworfen sein mufs, und wies nach, dafs der Lexellsche Komet weder mit einem der früheren noch mit einem der bis 1844 sichtbar gewesenen Kometen identisch sein kann. Er stellte ferner die Elemente der Bahn als Funktion einer unbestimmten, von der Genauigkeit der Beobachtungen abhängigen Gröfse dar, welche die Abhängigkeit der Bahnelemente von den letzteren definiert, und durch Annahme verschiedener Werte für jene Gröfse zeigte er, welches die Grenzen sind, bis zu denen die Umgestaltungen in der Bahn durch die Jupiterstörungen gehen können. Eine von ihm gegebene Tabelle, welche die vor und nach 1770 möglichen Bahnelemente des Kometen enthielt, machte jene grofsen Umgestaltungen anschaulich. Da uns die neuere Zeit eine Reihe von Kometen gebracht hat, welche sich als periodisch wiederkehrend erwiesen haben, so hat man wiederholt bei einzelnen solchen Kometen auf die Leverrierschen Untersuchungen zurückgegriffen und Vermutungen geäufsert, inwiefern jene Kometen mit dem Lexellschen Kometen identisch sein könnten. Solche Wahrscheinlichkeiten wurden betreffs des Kometen de Vico, der Kometen Finlay 1886 VII und Brooks 1889 V ausgesprochen, welche sämtlich grofsen Störungen im Sonnensysteme unterliegen, indessen hat eine nähere Betrachtung der einzelnen Fälle diese Vermutungen als unbegründet erwiesen. Vor einigen Jahren hatte nun Schulhof in Paris, welcher überhaupt sich mit den Fragen über die Identität neuerer Kometen mit älteren viel beschäftigt hat, darauf aufmerksam gemacht, dafs eine Identität des am 20. August 1895 von Swift entdeckten periodischen Kometen von 7,19 Jahren Umlaufszeit mit dem Lexellschen sehr wohl möglich sein könne, da die überschlagsweise Berücksichtigung der Störungen des Swiftschen Kometen bei den starken Jupiternäherungen der Jahre 1862, 1850 und 1840 auf die Bahn des Lexellschen zurückführe, nämlich auf ungefähr jene Elementensysteme des letzteren, welche Leverrier für die einzelnen Hypothesen über die oben erwähnte unbestimmte Gröfse in seiner Tabelle als die wahrscheinlichsten angegeben hat. In neuester Zeit ist Schulhof wieder auf die Frage der Identität des Swiftschen Kometen mit dem Lexellschen zurückgekommen. Die Grundlage der hierzu nötigen Rechnungen müssen die Bahnelemente abgeben, welche sich aus der Erscheinung des Kometen im Jahre 1895 als die genauesten erweisen.

Leider bleibt bei dieser Ableitung der Bahnelemente eine geringe Unsicherheit betreffs der Entscheidung über die Gröfse der täglichen Bewegung des Kometen; so gering sie erscheint, ist sie doch hin-

reichend, die Umlaufszeit für die Annahme der früheren Erscheinungen des Kometen erheblich unsicher zu gestalten; die Umlaufszeit kann 1884 schon um 9 Tage gröfser oder kleiner gewesen sein als nach der Rechnung. Je weiter der Rechner den Kometen auf frühere Jahre zurückverfolgt, desto mehr trifft er auf den misslichen Umstand, dafs die Position des Kometen in seiner Bahn immer unsicherer wird. Dies hat zur Folge, dafs sich die Zeiten, zu welchen Komet und Jupiter einander nahe gekommen sind und starke Störungen des ersteren sich eingestellt haben müssen, nicht mit der nötigen Sicherheit angeben lassen. Schulhof hat deshalb für die Zeit vor 1885 mehrere Hypothesen über die anzunehmende Umlaufszeit gemacht und diese der Berechnung der Störungen zu Grunde gelegt. Durch eine kritische Betrachtung der Änderungen, welche die tägliche Bewegung von den Störungen erfährt, gelangt er zu dem allgemeinen Satze, dafs die Umlaufszeit desto gröfser oder kleiner als vorher wird, je nachdem der Betrag der Differenz der Elongationen von Komet und Jupiter zur Zeit der kürzesten Distanz beider Gestirne positiv oder negativ ist. Welcher Wert der täglichen Bewegung nun auch verwendet wird, so bleibt diese Differenz um das Jahr 1838 immer positiv, also mufs die Umlaufszeit 1837 und in den früheren Jahren kleiner gewesen sein. Da die Umlaufszeit für 1838 bei Berücksichtigung genäherter Störungen sich mit 6,56 Jahren ergeben hatte, so wird sie vorher kleiner gewesen sein und 6,4 Jahre nicht überschreiten dürfen, wenn man erreichen will, dafs 1779 der Komet sich dem Jupiter stark nähern soll. Obwohl die Rechnung der Störungen vor 1838 schon sehr unsicher ausfallen mufs, hat Schulhof doch unter Beibehaltung der Hypothesen über die Unsicherheit der täglichen Bewegung die Annäherungspunkte beider Himmelskörper für 1826, 1815, 1803 und 1790 untersucht. Er gelangt schliefslich zu fünf verschiedenen Elementensystemen, die der Komet vor 1814 gehabt haben könnte, und vergleicht diese mit den 33 verschiedenen Bahnen, welche Leverrier, wie erwähnt, als mutmafsliche Elemente des Kometen Lexell hingestellt hat, wenn man sie von einer Unbekannten abhängig macht, welche die Unsicherheit der halben grofsen Achse des Lexellschen Kometen für 1770 ausdrückt. Es findet sich nur eine der Leverrierschen Bahnen, die halbwegs passen könnte, doch setzt diese eine Umlaufszeit von 9,8 Jahren voraus, und nicht, wie für den Swiftschen Kometen gefordert wird, von 6,4 Jahren. Es ist auch wenig wahrscheinlich, dafs die früheren Störungen (vor 1814) eine Herabminderung der Umlaufszeit von 9,8 Jahren um 3,5 Jahre bewirken würden. Im Ganzen ist also die Frage,

ob der Swiftsche Komet mit dem Lexellschen identisch sein könnte, wegen der unsicheren Sachlage in der Beurteilung der Störungen noch sehr problematisch. Vor allem wäre zu einer Entscheidung eine genaue Bestimmung der Gröfse der täglichen Bewegung notwendig. Die nächste Rückkehr des Swiftschen Kometen zur Erde, die 1902 stattfindet, ist der Beobachtung nicht besonders günstig, da der Komet sehr südlich steht und schwächer ist als 1895. Vielleicht gelingt die Auffindung und eine längere Beobachtung durch die kräftigen Fernrohre, deren sich jetzt auch schon die Sternwarten der Südhemisphäre der Erde erfreuen. Wird der Komet 1902 wider Erwarten nicht beobachtet, so wird man bis 1931 warten müssen, da die in die Zwischenzeit fallenden Oppositionen der Jahre 1910, 1917 und 1924 noch ungünstiger sind als 1902. *



Bonner Sternwarte.

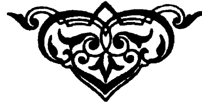
Für die Bonner Sternwarte ist zur Beschaffung eines neuen Refraktors und der erforderlichen Aufstellung im Etat für 1897/98 eine erste Rate von 30000 M. ausgeworfen. Die Kosten des Instruments sind auf 50000 M. veranschlagt; 10000 M. entfallen aufserdem auf zugehörige Nebeneinrichtungen, und 30000 M. sind als Baukosten für die Aufstellung des Fernrohrs in einem Beobachtungsraum mit Drehkuppel angesetzt, sodafs die Gesamtausgaben sich auf 90000 M. belaufen werden. Die Bonner Sternwarte besitzt gegenwärtig aufser einem neuen Repsoldschen Meridiankreis von 6 Zoll Öffnung kaum ein zeitgemäfses Fernrohr. Den Beobachtungen aufserhalb des Meridians dienen ein 6-zölliges Heliometer mit fünfzigjährigem Dienstalter und ein sechsfüfsiger Schröderscher Refraktor, der durch die südlichen Zonenbeobachtungen bekannt geworden ist. Erwähnung wegen seiner ruhmvollen Vergangenheit verdient endlich noch der alte Meridiankreis von Pistor & Martins mit 6 Fufs Brennweite und 52 Linien Öffnung. Z.



Meteorologische Stationen.

Der Direktor des Meteorologischen Instituts zu Brisbane in Queensland, Mr. Clement Wragge, welcher vor einigen Jahren die korrespondierenden meteorologischen Observatorien auf dem Gipfel und am Fufse des Ben Nevis errichtete, geht jetzt mit dem Plane um,

auch an mehreren exponierten Punkten der südlichen Hemisphäre meteorologische Stationen ins Leben zu rufen. Teils bezweckt er hierdurch, die meteorologischen Verhältnisse der Hochlandschaft mit denen der Ebene in Beziehung zu bringen, teils auch hofft er auf wichtige Aufschlüsse durch die Vergleichung dieser Beobachtungen mit denjenigen, welche in korrespondierenden Breiten der nördlichen Halbkugel gewonnen wurden. Auf dem Mount Wellington in Tasmanien, den man als den Ben Nevis der Antipoden ansehen darf war früher bereits während mehrerer Jahre durch die Energie Wragges ein wohlorganisierter meteorologischer Beobachtungsdienst eingerichtet, und hier wird die erste dauernde Höhenstation zur Ausführung gelangen, der weitere an verschiedenen Punkten der Australischen Alpen folgen sollen. Z.





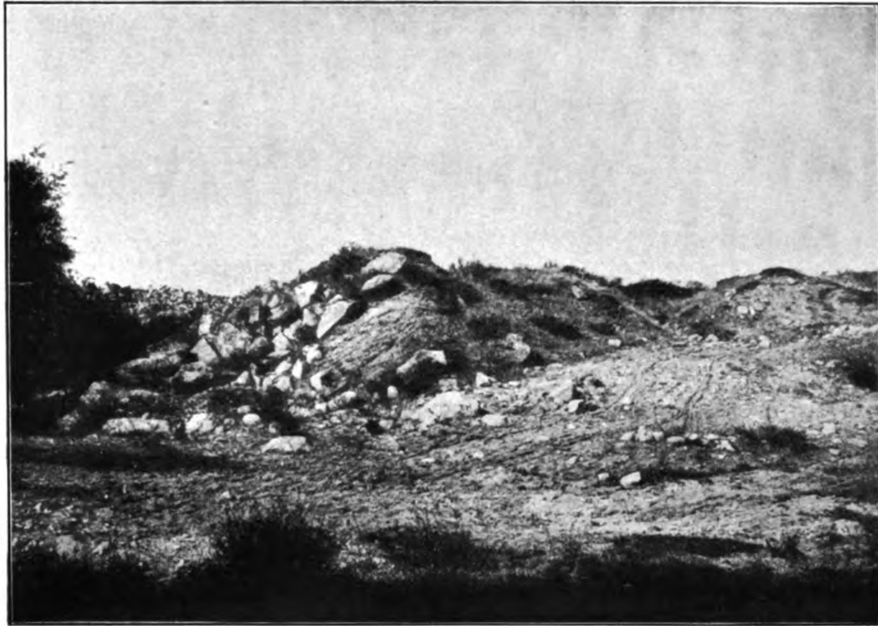
Karl Fritsch, Exkursionsflora für Österreich (mit Ausschlufs von Galizien, Bukowina und Dalmatien). Mit teilweiser Benutzung des „Botanischen Exkursionsbuches“ von G. Lorinser. Wien, Carl Gerolds Sohn. 1897.

Die vorliegende Flora ist, wie aus ihrem Titel hervorgeht, ein Ersatzwerk für das in Österreich beliebt gewordene Lorinsersche Exkursionsbuch, dessen fünfte Auflage 1883 erschienen war. Es erinnert in seiner jetzigen Gestalt an die rühmlich bekannte Garckesche Flora von Norddeutschland. Wie in dieser, ist ein Bestimmungsschlüssel für die Gattungen nach Linnéschem System beibehalten. Die Bearbeitung des speziellen Teiles ist nach dem natürlichen System durchgeführt, wie es in Engler-Prantl's „Pflanzenfamilien“ befolgt wird. Die Weglassung der Synonyme im laufenden Text ist wegen der Raumersparnis gewifs zu billigen, doch wird sicher mancher Florist diesen „Ballast“ vermissen. Sollte es nicht empfehlenswert sein, bei einer künftigen Auflage den Abrifs über „Morphologie“ wegzulassen und das Format des Buches zu Gunsten eines Dünnerwerdens ein wenig zu verbreitern?

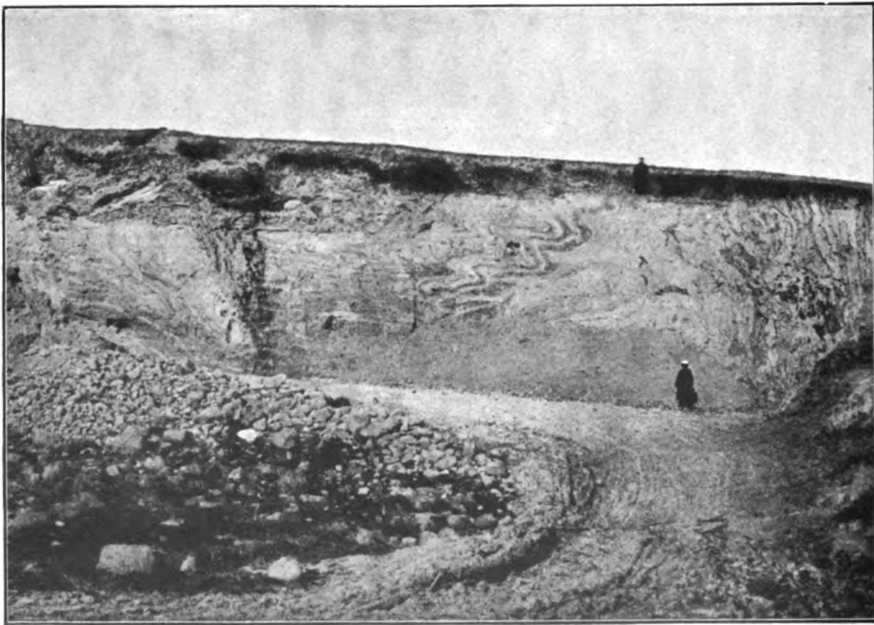
C. M.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Endmoräne der Rosenberge bei Feldberg in Mecklenburg.
(Nach E. Geinitz.)



Gestauchter und gefalteter Kern einer Endmoräne bei Kl.-Görnow in Mecklenburg.
(Nach E Geinitz.)



Die Endmoränenzüge Norddeutschlands.

Mit einer Übersichtskarte.

Von Dr. K. Keilhack.

In engem Zusammenhange mit dem Gletscherphänomen steht das Auftreten von Moränen. Um die Entstehung dieser eigentümlichen Gebilde würdigen zu können, versetzen wir uns in eins der ausgedehnten Firngebiete der Alpen und beobachten die Erscheinungen, die sich deutlich vor unseren Augen abspielen. Wir sehen uns umgeben von ausgedehnten, mehr oder weniger geneigten Firnflächen, aus welchen schroffe, dunkle Felsnadeln sich herausheben, und wir sehen, dafs aus den Firnfeldern heraus bewegliche Eismassen in einzelnen Thalzügen, der Schwere folgend, als Gletscher sich abwärtsbewegen, gleichfalls begrenzt von Gehängen, denen während eines grofsen Teiles des Jahres die Schneedecke fehlt. Frost und Hitze, Regen und Eis, höhere und niedere Pflanzen arbeiten gemeinsam und unermüdlich an der Zerstörung des festen Gesteins, welches sowohl jene schroffen Hochgipfel wie die Flanken der Gletscherthäler zusammensetzt, und bewirken den Zerfall der scheinbar unverwüstlichen Masse in einzelne Bruchstücke von den kleinsten Dimensionen bis zu gewaltigen, haushohen Massen. Auch diese Trümmer folgen natürlich der Schwere und fallen auf die Firnfelder oder direkt auf den Gletscher nieder und bewegen sich auf der Oberfläche desselben im Sturze so weit abwärts, wie es die Neigungsverhältnisse bedingen. Dann werden sie von neuen Schneemassen überschüttet und sinken durch ihr eigenes Gewicht allmählich mehr und mehr in die tieferen Teile der Eisdecke, während gleichzeitig der Firnschnee in körniges Eis sich verwandelt. Mit dem Firneis gelangen sie schliefslich in den sich schneller vorwärts bewegenden Gletscher hinein, werden im

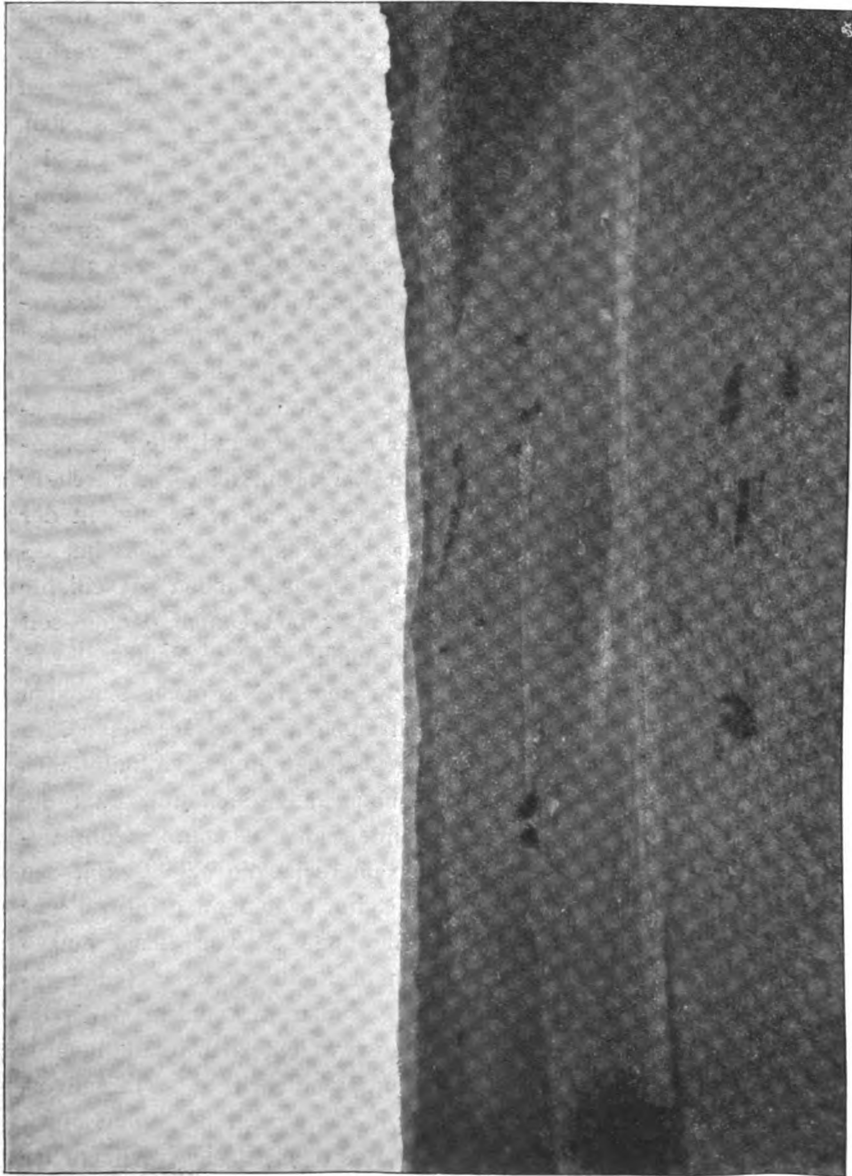
unteren Teile desselben angereichert und in demselben thalabwärts bewegt. Gleichzeitig aber haben sie auch äufserlich Wandlungen durchzumachen: die eckigen Trümmer, die vom anstehenden Gesteine abgebrochen sind, werden auf ihrem Wege aneinander und auf dem festen Felsuntergrunde abgeschliffen, ihre scharfen Ecken und Kanten werden gerundet, ihre Oberfläche wird mit regellosen Schrammen und Kritzen versehen, und ihre Gröfse wird mehr und mehr vermindert. Was bei diesem Transport aber an Substanz ihnen verloren geht, das finden wir in demselben unteren Teile des Gletschers wieder in Form von Kies und grobem Sande, von feinen, bis zu Staubgröfse herabsinkenden Sandkörnchen und schliefslich in Form von feinsten staubigen und thonigen Teilchen. Alle diese Gebilde von der verschiedensten Korngröfse werden nun durch das immer weiter thalabwärts vorschreitende Eis zu einer ungeschichteten Masse durcheinandergeknetet, in welcher man in den kleinsten Stücken durch einfaches Aufschlämmen mit Wasser diese verschiedenen Bestandteile wiedererkennen und trennen kann. Diese eigentlich als Reibungsbreccie zu bezeichnende Masse nennt man die Grundmoräne des Gletschers. Hat ein Gletscher das Maximum seiner Ausdehnung erreicht und zieht er sich dann zurück, so bleibt beim Schmelzen des Eises diese Grundmoräne auf der von ihm eingenommen gewesenen Fläche liegen und bildet dann eine Schicht von wechselnder Stärke auf derselben. Die physikalische Beschaffenheit dieser Grundmoräne ist natürlich aufserordentlich verschieden, je nach der Länge des Weges, den sie unter dem Eise zurückgelegt hat, denn es ist klar, dafs, je länger dieser Transport dauerte, über je weitere Flächen er sich erstreckte, um so gröfser die Menge der thonigen Teile, um so geringer die Zahl und Gröfse der Geschiebe (erratischen Blöcke) sein mufs, da selbstverständlich nur die an Zahl stark zurücktretenden, von Anfang an sehr grofsen Geschiebe den abschleifenden Wirkungen eines langen Transportes genügenden Widerstand leisten können. Die Gletscher unserer Gebirge haben ja alle nur einen relativ kurzen Weg bis zur sogenannten Gletscherstirn, ihrem unteren Ende, zurückzulegen, und infolgedessen sind bei ihnen die Grundmoränen fast allenthalben sehr reich an grofsen Blöcken und arm an thonigem Material. Eine Ausnahme läfst sich nur da konstatieren, wo verhältnismäfsig leicht zerreibliche Gesteine den zerstörenden Einwirkungen von Eis und Firn ausgesetzt sind; dort wird auch ein verhältnismäfsig kurzer Gletscher eine sehr thonige Grundmoräne liefern. Anders aber liegt die Sache bei den ungeheuren Gebieten, die während der grofsen diluvialen

Eiszeiten von „Inlandeis“ bedeckt waren; hier bewirkte die ungeheure Länge des Transportweges, von Finland und Nord-Skandinavien bis hinunter zum Rande der mitteldeutschen Gebirge, eine aufserordentliche Differenzierung im Charakter der Grundmoräne, natürlich in dem Sinne, dafs, je länger und je weiter nach Süden das Material transportiert wurde, um so energischer die Zerstörung der gröfseren Stücke und die Anreicherung der thonigen Bestandteile vor sich gegangen ist. So sehen wir denn die Grundmoräne ein und desselben Inlandeises in den nördlichsten Gebieten in steinübersäten Blockfeldern vor unseren Augen liegen; wir sehen sie weiter südlich als grobkiesige und grandige, mit unzähligen Blöcken bedeckte Flächen, nehmen aber, sobald wir die Ostsee nach Süden überschritten haben, wahr, dafs das gleiche Gebilde nunmehr sich in einen mehr oder weniger fetten Lehm umgewandelt hat, der das mittlere Europa zur Kornkammer dieses Erdteiles gemacht hat. Für die Grundmoränen ist in Bezug auf ihre Lagerung die Flächenausdehnung charakteristisch; mögen sie auch noch so mächtig entwickelt sein, so ist diese Dimension doch immer verschwindend gegenüber den beiden anderen. Die Grundmoräne kann man als die ursprünglichste der verschiedenen Arten von Moränen bezeichnen; mehr oder weniger gehen die übrigen aus ihr hervor oder sind bei den Gebirgsgletschern in den Anfängen gewissermafsen stecken gebliebene Vorläufer derselben. Die wichtigste dieser anderen Arten von Moränen, die uns hier in erster Linie beschäftigen soll, ist die sogenannte Endmoräne.

Wenn wir in irgend einem der zahlreichen Gletscherthäler der Alpen uns aufwärts bewegen und endlich an die Stelle kommen, wo unter dem Gletscher hervor aus blauschimmerndem Thore das milchweifse Wasser gurgelnd und zischend hervorbricht, so nehmen wir wahr, dafs unmittelbar vor seinem Rande ein paralleler Wall verläuft, der ganz und gar aus grobem, vom Gletscher mitgebrachtem Materiale besteht und ein ganz auffälliges Überwiegen der gröfseren und kleineren Blöcke über das feinere Material zur Schau trägt. Die Beobachtung lehrt ganz unmittelbar, dafs dieser Wall ein Produkt des Gletschers selbst ist, und dafs er in folgender Weise entsteht: der Gletscher bringt ununterbrochen Gesteinsmaterial herbei, kann dasselbe aber natürlich nur so weit transportieren, wie er selbst reicht. An einer Stelle, wo er für eine längere Periode sein Ende erreicht, wird demzufolge das Material der Grundmoränen angereichert und aufgehäuft, und es entsteht so durch die Thätigkeit des Eises jener Wall, der um so höher wird, je länger der Gletscher an dieser Stelle mit

seinem Ende verharrte. Nun aber kommt noch ein zweiter modifizierender Faktor dazu: aus dem Ende des Gletschers brechen allenthalben Wassermassen hervor, die durch das Abschmelzen des Eises entstanden sind; es wandert dadurch schliefslich die gesamte Niederschlagsmenge des vom Gletscher „entwässerten" Gebietes, abgesehen natürlich von dem durch Verdunstung verloren gehenden Quantum, unter dem Ende des Gletschers als Flufs oder Bach an der Endmoräne vorbei. Diese Tag und Nacht und Sommer und Winter, wenn auch mit verschiedener Stärke rinnenden dünnen Wasserfäden und Bäche wirken nun auf die Moräne sowohl im Untergrunde des Gletschers in dessen unterem Teile, als auch auf das im Endmoränenwall angehäufte Material ein und unterwerfen dasselbe einer gewissen Aufbereitung. Dadurch, dafs sie die thonigen Beimengungen und den Sand zum weitaus gröfsten Teile mit sich fortführen, um beides erst in weiterer Entfernung vom Gletscher wieder abzulagern, findet allmählich eine Anreicherung der gröberen Teile in der Endmoräne statt, und dieselbe tritt uns schliefslich in einer Form entgegen, die man am einfachsten als „Blockwall" bezeichnen kann. Solche Blockwälle aber, die quer über ein Thal sich hinziehen, begegnen uns in den Alpenthälern an zahlreichen Stellen und nicht nur an der gegenwärtigen Stirn der Gletscher; ihr Vorhandensein an thalabwärts vom Gletscherende liegenden Punkten giebt uns Kunde davon, dafs in früherer Zeit der Gletscher bis zu dieser Stelle seine blauen Eismassen herabschob und eine hier lange Stillstandsperiode durchmachte. Seit in der Schweiz die Gletscherbeobachtung wohl organisiert ist, kann man bis zurück in den Anfang unseres Jahrhunderts angeben, in welchen Jahren einzelne Moränenwälle enstanden, und bei manchen Gletschern, wie beispielsweise am Rhonegletscher, ist der jeweilige Eisrand der verschiedenen Jahre durch verschieden gefärbte Steine quer über die Breite des Thales hinüber aufs genaueste künstlich markiert. Wir gewinnen also die Erkenntnis, dafs wir in dem Auftreten von Endmoränen untrügliche Zeugen dafür besitzen, dafs auf der von ihnen eingenommenen Linie dermaleinst eine Gletschereismasse längere Zeit mit ihrem Rande still gelegen hat, sodafs während dieses Zeitraumes die Zufuhr von neuem Material von rückwärts her und der Substanzverlust des Gletschers durch Verdunstung und Abschmelzung einander das Gleichgewicht hielten. Diese gewaltige Schrift, mit welcher das Eis selbst seine Geschichte auf dem Antlitz der Erde verewigt hat, vermag uns für längstvergangene Erdperioden, sobald wir die Entzifferung verstehen, Kunde zu geben vom Werden und

Vergehen gewaltiger Eismassen von unerhörter Ausdehnung, die bis auf das letzte Körnchen heute vom Boden verschwunden sind.



Endmoräne bei Mühlenkamp (Kreis Bublitz) in Pommern.
Aufgenommen vom Verfasser.

Auch für die geologische Geschichte unseres Vaterlandes haben die Endmoränen eine grofse Bedeutung gewonnen. Wie bekannt, war die nördliche Hemisphäre von zwei Punkten aus während der Diluvial-

zeit einer wahrscheinlich dreimaligen starken Vergletscherung unterworfen. Das eine dieser Gletschergebiete umfafst die östlichen Dreiviertel der Vereinigten Staaten und hatte seinen Ausgang in den weiten Gebieten des nördlichen Kanada, während der Südrand dieses alten Gletschergebietes durch die mittleren Staaten der Union verlief. Näher liegt uns das nordeuropäische Gletschergebiet, dessen Eismassen von Finland und Nord-Skandinavien aus sich radial nach Südosten, Süden und Südwesten bewegten und das gewaltige Gebiet von der Mündung des Rheins quer durch Deutschland und das centrale Rufsland hindurch bis an die Berge des Ural und bis hinauf zu den äufsersten Schären des nördlichen Norwegen unter einer gewaltigen Eisdecke begruben. Es hat geraume Zeit gedauert, bis man zu der Erkenntnis gelangte, welchen Ursachen die eigentümlichen, Gerölle und Geschiebe führenden Ablagerungen des mitteleuropäischen Flachlandes zuzuschreiben wären, und erst seit etwa 30 Jahren hat sich in ziemlich rascher Folge die Kenntnis dieser Schichten und ihrer Aufeinanderfolge und Verbreitung und damit die historische Entwicklung der ganzen Eiszeit mehr und mehr geklärt, sodafs wir heute in der Lage sind, ein, wenn auch noch recht lückenhaftes, so doch im allgemeinen wohl zutreffendes Bild von der eiszeitlichen Geschichte unserer Heimat zu geben. Nicht diese im vollen Umfange aber soll uns jetzt beschäftigen, wir wollen uns vielmehr auf eine Epoche dieses grofsen Zeitabschnittes, — auf die letzte der drei grofsen Eiszeiten und auf die von ihr selbst niedergeschriebenen Zeugnisse über ihre Bewegungserscheinungen, ihre Rückzugsstationen und ihr allmähliches Verschwinden beschränken. Es ist schon lange bekannt, dafs die jüngste Eiszeit hinter der vorhergehenden an Ausdehnung ein beträchtliches zurückblieb, so zwar, dafs einerseits die Mächtigkeit des Eises während jener vorletzten Periode eine bedeutend gröfsere war als in der letzten, während andererseits auch die von dieser eingenommene Fläche weit hinter der ungeheuren, das Maximum der gesamten Vergletscherung bezeichnenden Eiswüste der vorletzten Eiszeit zurückstand. Nirgends mehr erreichte sie wie jene den Rand unserer mitteldeutschen Gebirge; nach Westen hin überschritt sie wahrscheinlich das untere Elbthal nur noch in dünnen Eisströmen, und nach Süden hin nahm sie ihr Ende noch mitten in den flachen Ebenen der Lausitz und Niederschlesiens. Es ist eine sehr merkwürdige Erscheinung, dafs, wie man jetzt mit grofser Wahrscheinlichkeit annehmen kann, die äufserste Linie, bis zu welcher diese letzte Inlandeisdecke sich ausdehnte, in keiner Weise durch das Auftreten von

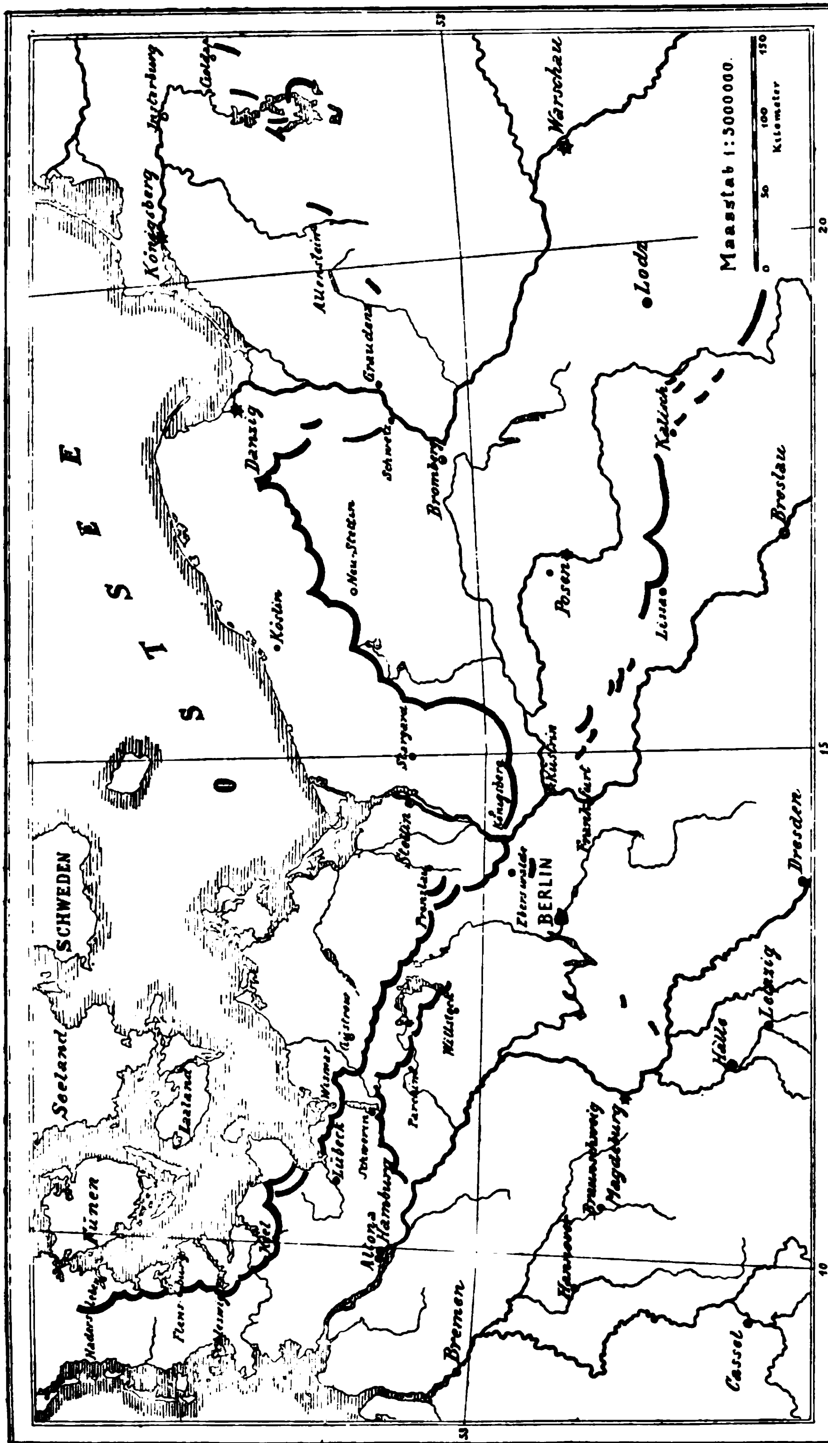
endmoränenartigen Erscheinungen angedeutet ist. Man könnte daraus zwei Schlüsse ziehen: entweder waren die Wassermassen, die das Schmelzen des Eises während dieser Periode gröfster Ausdehnung lieferte, so ungeheure, dafs sie selbst die Blockmassen einer Endmoräne zu zerstören und über ein weites Gebiet auszubreiten vermochten, oder das Eis erreichte seine äufserste Ausdehnung, ohne diese Linie für längere Zeit inne zu halten, d. h. es mufs auf das Maximum des Vorrückens sofort ein derartiges Überwiegen des Abschmelzens über die Zufuhr gefolgt sein, dafs der Eisrand sofort in negativer, scheinbar nach Norden zurückweichender Bewegung sich befand. Es genüge hier die Andeutung, dafs gewichtige Gründe für die zweite Möglichkeit sprechen, dafs also der Mangel der Endmoräne auf den Mangel einer Stillstandsperiode zurückzuführen ist. Die ganze Frage der äufsersten Verbreitung des letzten Inlandeises ist um deswillen von ganz besonderer Schwierigkeit, da bisher an keiner Stelle dieses Südrandes spezielle, geologische Untersuchungen, die hier ganz allein die Frage entscheiden können, stattgefunden haben.

Perioden des Stillstandes, wie sie nach dem Gesagten zur Schaffung einer Endmoräne unbedingt erforderlich sind, traten nun aber glücklicherweise innerhalb der grofsen Abschmelzperioden dieser letzten Inlandeiszeit mehrfach ein, und die während dieser Phasen geschaffenen Endmoränenzüge geben uns ein von Tag zu Tag sich klarer gestaltendes Bild von den Hauptbewegungen und von den einzelnen Teilbewegungen dieser gewaltigen Eismassen. Wir müssen uns zunächst fragen, welche Ursachen dem im Zurückweichen begriffenen Eisrande Veranlassung zu längerem Stillstande boten, und wir gewinnen durch die Prüfung dieser Bedingungen zugleich die Erklärung, warum Endmoränen gerade an den Stellen auftreten, wo wir sie heute beobachten.

Wenn das norddeutsche Flachland von den Küsten unserer Meere bis zum Rande unserer Mittelgebirge eine gleichmäfsig von Süden nach Norden flach geneigte schiefe Ebene darstellte, so hätte absolut kein Grund für das Eis vorgelegen, an irgend einer Stelle beim Vorrücken oder beim Zurückweichen stationär zu werden, es hätten vielmehr beide Bewegungen in einer gleichmäfsigen und ununterbrochenen Weise sich abspielen müssen. Diese flach geneigte schiefe Ebene aber ist nun in Wirklichkeit nicht vorhanden, sondern Norddeutschland wird in ungefähr ost-westlicher Richtung durch mehrere ungeheure, meilenweite Thalzüge und durch dazwischenliegende Höhenrücken und Plateaus in ein, seiner Oberflächenform

nach flach wellenförmiges Gebiet verwandelt. Kam nun der Eisrand bei der Rückwärtsbewegung aus der Tiefe einer solchen weiten Thalsenkung schliefslich auf die Höhe des zunächst nach Norden folgenden Landrückens zu liegen, so fand er hier veränderte klimatische Verhältnisse vor. Es ist eine bekannte Thatsache, dafs in nordischen Ländern Höhendifferenzen von 100 Metern und weniger für die Verteilung der Niederschläge sowie für die Dauer und Intensität der Schneebedeckung von äufserster Wichtigkeit sind. Da nun während der Eiszeit das ganze nördliche Europa sich unter arktischen Bedingungen befand, so mufs dieses Gesetz auch für unser Gebiet Geltung gehabt haben. Ein solcher Höhenrücken also mufs durch seine etwas höhere Lage über dem Meeresspiegel ein Sinken der Temperatur und damit verbunden eine verminderte Abschmelzung zur Folge gehabt haben, und in einer ganz bestimmten Höhe mufs dadurch wieder ein Gleichgewichtszustand zwischen der Zufuhr von Norden her und dem Schmelzverlust im Randgebiete eingetreten, der Eisrand also stationär geworden sein, und nun spielten sich an dieser Stelle genau dieselben Erscheinungen auf Linien von Hunderten von Kilometern Länge ab, die wir am Ende der Thalgletscher unserer Hochgebirge auf Linien von ebensoviel Hunderten von Metern Länge zu beobachten Gelegenheit haben, d. h. es entstand eine Endmoräne, deren Höhe und Zusammenhang in direktem Verhältnis steht zur Länge des Zeitraums, den das Eis auf ihre Erzeugung verwenden konnte. In innigstem Zusammenhange mit diesen Bedingungen für die Entstehung von Endmoränen steht es, dafs diese gewöhnlich mehr oder weniger mit gröfseren Wasserscheiden zusammenfallen, da bekanntlich — von Ausnahmen abgesehen — alle Wasserscheiden gröfserer Flufssysteme über die höchsten Punkte des betreffenden Gebietes verlaufen.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen gehen wir nun zu einer Würdigung der einzelnen norddeutschen Endmoränenzüge über, die wir an der Hand der beigefügten Übersichtskarte betrachten. Der als südlichster bekannte derselben liegt in der Provinz Posen, in der südlichen Neumark, in der Mittelmark und im südwestlichen Mecklenburg. Die geographische Position ist am leichtesten und einfachsten aus dem beigegebenen Übersichtskärtchen zu entnehmen, aus dem man ersehen kann, dafs der noch einige Meilen weit in der Gegend von Kalisch in das Russische hinein verfolgte Zug östlich von Pleschen auf deutsches Gebiet übersetzt und von dort aus über Jarotschin, Lissa, Bomst und Schwiebus auf die Oder zu verläuft, dann in dem dem Oderthalrande genäherten Teile des Oberbarnim-Plateaus wieder



Übersichtskarte der norddeutschen Endmoränenzüge.

auftritt, weiter nach Westen hin für eine lange Strecke infolge gewaltiger Thalentwicklung der zwischenliegenden Gebiete verschwindet, um dann im südwestlichen Mecklenburg noch einmal in ziemlich zusammenhängendem Zuge südlich vom Müritz- und Plauer See über Schwerin und Wittenburg auf die Elbe zu zu verlaufen. Dieser Endmoränenzug ist als solcher erst zu erkennen gewesen, nachdem eine gröfsere Menge von Erfahrungen über Wesen und Entstehung der Endmoränen gesammelt waren. Er besteht nämlich in seinem östlichen Teile aus einer grofsen Anzahl von einzelnen, gewöhnlich nur kleinen Kuppen und Stücken, die oft kilometerweit von einander entfernt liegen und andererseits aus ebenen Gebieten, die mit einer sehr dichten Beschüttung von grofsen und kleinen Blöcken auf ebener Unterlage bedeckt sind. Die Zusammengehörigkeit der einzelnen kleinen Kuppen verrät sich nur durch die aufserordentliche Geradlinigkeit ihrer Anordnung. Berendt hat das hübsche und zutreffende Bild eines Kieswagens gebraucht, der seinen Weg in schnurgerader Richtung nimmt, und dessen Spuren man aus den von Zeit zu Zeit aus dem Wagen herausfallenden kleinen Kieshäufchen verfolgen kann. Die gröfste Unterbrechung besitzt dieser Zug in demjenigen Teile, der zwischen der südlichen Neumark und der mecklenburgischen Grenze nördlich von Rheinsberg liegt, wo, wie aus der Karte ersichtlich, nur die Endmoränenandeutungen auf dem Barnimplateau, südlich von Eberswalde, eine Verbindung herstellen. Die Ursache dieser grofsen Lücke liegt jedenfalls in dem hier aufserordentlich mannigfaltig und verwickelt gestalteten System von grofsen Thälern, die dieses Gebiet einmal in ost-westlicher und sodann in nord-südlicher Richtung durchfurchen und das ehemalige Plateau in eine grofse Reihe von einzelnen Diluvialinseln auflösen. Weit vollständiger ist der westliche Theil dieses Zuges gestaltet, der durch das südliche Mecklenburg um den Südrand des Müritzsees herum über Parchim, dann südlich um den Schweriner See herum nach dem Herzogtum Lauenburg hin verläuft und durch die letzten Mitteilungen von Geinitz über die Endmoränen Mecklenburgs genauer bekannt geworden ist. Aber auch dieser Teil des südlicheren Zuges ist bei weitem nicht so vollständig entwickelt wie der weiter nördlich gelegene Haupt-Endmoränenzug Norddeutschlands, dem wir uns nunmehr zuwenden wollen. Wir betrachten seinen Verlauf in umgekehrter Reihenfolge. Er tritt von Jütland her, wo bislang nur eine Anzahl einzelner, noch nicht genügend verbundener Punkte bekannt geworden sind, in die Provinz Schleswig-Holstein etwa in der Mitte der Halbinsel ein, da wo die

Königsau die Reichsgrenze bildet, und verläuft von hier zunächst in südlicher Richtung in einer Anzahl kleiner Bögen nach Süden bis Schleswig. Hier biegt er um und bildet einen nach der Kieler Bucht zu offenen Kreisbogen, der über Rendsburg und südlich von Kiel auf die Gegend von Lüttjenburg verläuft. Die Fortsetzung der Endmoräne erstreckt sich von hier in südöstlicher Richtung auf den inneren Teil der Lübecker Bucht zu, die in der Gegend von Neustadt erreicht wird. Die grofse Zahl von einzelnen Endmoränenstücken, die Gottsche hier beobachtet hat, wird sich vielleicht bei späterer genauerer Aufnahme in zwei einander parallele Bogenstücke ordnen lassen. Die Lübecker Bucht selbst unterbricht für eine kurze Strecke den Zusammenhang; die Endmoräne setzt erst in der Gegend von Travemünde wieder ein und verläuft nun in mehreren Bögen, deren ausgesprochenster sich südlich um die Wismarsche Bucht herumzieht und bei Bäbelin seinen nördlichsten Punkt erreicht, quer durch Mecklenburg-Schwerin und -Strelitz hindurch, bis sie in der Gegend von Feldberg die Grenze der Uckermark erreicht. Von hier bis zur Oder bei Liepe-Oderberg folgt der uckermärkische Anteil der Endmoräne, der in mehreren schön geschwungenen, zungenartigen Bögen über Gerswalde, Joachimsthal, Senftenhütte und Chorin verläuft. Hier wird der Zug durch das Oderthal unterbrochen, aber jenseits desselben setzt er alsbald wieder ein und verläuft nun in einem mächtigen Viertel-Kreisbogen, der nach Nordwesten geöffnet ist, südlich von Königsberg und Soldin, über Berlinchen und Reetz nach Nörenberg, wo er in die Provinz Pommern eintritt. Hier ändert sich in der Nähe der Stadt Dramburg die Richtung seines Verlaufes, die bis Karthaus in Westpreufsen ziemlich nordöstlich bleibt, aber auch in diesem Teil ist er aus einer Anzahl kleiner Bogen zusammengesetzt, aus deren gröfstem die Persante herausfliefst. Zwischen Bütow und Karthaus findet abermal seine bedeutende Umkehrung statt, indem nunmehr die Endmoräne in mehreren Bögen, deren zwei im Turmberge zusammenkommen, nach Süd-Südosten sich fortsetzt, in der Nähe von Stargard in Westpreufsen die Ostbahn schneidet und bei Schwetz die Weichsel erreicht. Der östlich von hier in West- und Ostpreufsen folgende Teil der Endmoräne ist noch durchaus ungenügend bekannt. Wir wissen bis jetzt nur, dafs kompliziert gestaltete, den uckermärkischen ähnliche Bögen in der Gegend von Allenstein auftreten, das Seengebiet von Masuren durchziehen und in der Gegend von Goldap die russische Grenze erreichen. Der weitere Verlauf in dem grofsen Nachbarstaate ist noch gänzlich unbekannt, und nur aus der Analogie mit den

Verhältnissen Norddeutschlands kann man schliefsen, dafs die weitere östliche Fortsetzung in dem, der baltischen Seenplatte entsprechenden seenreichen Gebiete des russischen Baltikums zu suchen ist und über Dünaburg und Wilna wahrscheinlich in der Mitte zwischen Moskau und Petersburg hindurch verläuft. Streckenweise folgt parallel zu dem beschriebenen Hauptzuge in geringer Entfernung von ihm ein zweiter, der besonders in der Uckermark und nördlichen Neumark zu gröfserer Längenentwicklung gelangt, aber auch in Hinterpommern und West-



Detailbild aus der Mühlenkamper Endmoräne.

preufsen mehrfach angedeutet ist. Einzelne kleinere Vorkommen von Endmoränen, die noch weiter zurückliegen, übergehen wir, da dieselben einmal nur eine untergeordnete Bedeutung haben, und sodann in ihrem Zusammenhange noch nicht genügend klar gestellt sind. Aus diesem Grunde sind dieselben, um das klare Bild nicht zu stören, in dem Uebersichtskärtchen unberücksichtigt geblieben.

Dieser von der dänischen bis zur russischen Grenze etwa 1300 km lange Endmoränenzug läfst sich ohne grofsen Zwang in drei grofse Teilstücke zerlegen: in den schleswig-holsteinisch-mecklenburgischen Bogen im Westen, den märkisch-pommerschen Bogen in der Mitte und den preufsischen Bogen im Osten. Güstrow und Bütow bezeichnen etwa die Berührungspunkte dieser drei Teilstrecken. Ihnen

entsprechen drei grofse Einbuchtungen unserer Ostseeküste, nämlich die Kieler und Mecklenburger Bucht im Westen, die pommersche Bucht in der Mitte und die Danziger und samländische Bucht im Osten. Man hat den, von der Verbindungslinie Rügen-Schonen westlich gelegenen Teil der Ostsee als Beltsee bezeichnet, und ich möchte danach diesen westlichen Bogen den „Beltbogen“ nennen; den mittleren Bogen, dessen südlichster Teil von der Oder durchbrochen wird, bezeichnet man am besten als den Oderbogen und den östlichen Teil in analoger Weise als den Weichselbogen. Mit dem Verlaufe dieser Endmoränenbögen steht die Gestaltung der deutschen Ostseeküste in engem Zusammenhang, auf den wir hier nicht näher eingehen können.

Die äufsere Form, in der die Endmoränen uns entgegentreten, ist eine ziemlich mannigfache, und es hat längerer Zeit bedurft, bis man den inneren Zusammenhang aller dieser verschiedenen Formen und ihre genetische Zusammengehörigkeit erkannte. In der einfachsten und in allen Teilen des Endmoränenzuges sich wiederfindenden Form sehen wir die einzelnen Stücke als längere oder kürzere, in einer bestimmten Richtung angeordnete Kuppen und Rücken, die sich eine Anzahl von Metern über das umliegende Terrain erheben und aus einer Packung von gröfseren und kleineren Gesteinsblöcken zusammengesetzt sind, deren Zwischenräume entweder mit grandigen losen oder mit lehmig-mergeligen, festen Trümmermassen ausgefüllt sind. Das am meisten in die Augen springende Merkmal bleiben immer die gewaltigen Mengen von grofsen Gesteinsblöcken, die aus der Oberfläche der sich noch im ursprünglichen Zustande befindenden Kuppen herausragen und denselben das Aussehen echter Blockhalden verleihen (Titelblatt, obere Hälfte und Fig. S. 149 u. 156). Die Schwierigkeit der landwirtschaftlichen Benutzung solcher Hügel bringt es mit sich, dafs dieselben inmitten wohlbestellter Felder sich als wüste, oftmals mit Dorn und niedrigem Gestrüpp bewachsene Flächen herausheben und dadurch von vornherein deutlich in die Augen fallen. In anderen Fällen sind die Endmoränenkuppen nicht in ihrer ganzen Masse aus Blockpackung zusammengesetzt, sondern enthalten einen Kern von geschiebefreien Bildungen aller möglichen Zusammensetzung, so dafs also Thone, Mergelsande, Grand und Sand aller Korngröfsen und echter Geschiebemergel daran beteiligt sind, während der Blockreichtum auf den obersten Teil der Hügel beschränkt ist und als dünne Decke über anders beschaffenem Kern ausgebreitet ist. Hat man einen tieferen Aufschlufs in einer Endmoräne dieses Typus, so nimmt man wahr, dafs

die Schichten, die den Kern zusammensetzen, sich nicht in horizontaler Lagerung befinden, sondern aufserordentlich gestört sind. Die einzelnen Gebilde erscheinen gleichsam durcheinandergeknetet, die Schichten sind aufgebogen, in Falten gelegt, plastische Einlagerungen sind schweifartig ausgezogen, Geschiebemergelmassen erscheinen in die geschichteten Bildungen eingeprefst und -geknetet, und man gewinnt durchaus den Eindruck, dafs hier gewaltige Kräfte wirksam gewesen sind, durch welche die ursprünglich horizontal übereinander gelagerten Schichten zusammengeschoben, aufgeprefst und in mannigfacher Weise durcheinander gearbeitet sind (Titelblatt, untere Hälfte). Endmoränen von solchem Typus werden als Wirkungen einseitig lastenden Eisdruckes aufgefafst. Der stabile Eisrand hat durch den Druck, den er auf den unmittelbar vor seiner Stirn liegenden Untergrund ausgeübt hat, denselben emporgeprefst und gleichzeitig durch kleine oscillatorische Bewegungen die durch die Aufpressung erzeugten Schichtenfalten noch weiter umgebogen und ineinander geschoben, unter gleichzeitiger Einpressung von Grundmoränenmaterial in die geschichteten Bildungen. Diese „Staumoränen“ finden sich gleichfalls in allen Teilen des Endmoränenzuges und gewähren in den zahlreichen Aufschlüssen, die bis jetzt zur Beobachtung und Beschreibung gelangt sind, unendlich mannigfaltige Bilder von äufserst komplizierten Schichtenstörungen. Wieder in anderen Fällen ist es am Rande des Eises weder zur Bildung von Staumoränen, noch zur Entwicklung grofser Blockpackungen gekommen, sondern die am Eisrande durch Auswaschung allmählich angereicherten grofsen Blöcke sind auf einem etwas gröfseren Areal ausgebreitet und erzeugen hier weite steinübersäete Flächen, die entweder, wie in der Provinz Posen, auf vollkommen ebenen Geschiebemergelflächen auflagern oder, wie vielfach im nördlichen Endmoränenzuge, ein unregelmäfsig gestaltetes Gelände überziehen. Immer aber bleibt als charakteristische Eigenschaft aller dieser Formen der aufserordentliche Reichtum an grofsen Blöcken bestehen.

In engem Zusammenhange mit dem Auftreten der Endmoränen stehen nun eine ganze Anzahl von Erscheinungen, die wir der Reihe nach betrachten wollen. Eine der merkwürdigsten derselben ist die gesetzmäfsige Lage der Endmoränen auf der Grenze zwischen fruchtbaren Geschiebemergelflächen und weiten, unfruchtbaren Sand- und Kiesgebieten; und zwar liegen immer die ersteren hinter der Endmoräne, d. h. in den Flächen, die während ihrer Bildung unter dem Eise begraben waren, die Sand- und Kiesflächen dagegen vor der Endmoräne, also in dem zur gleichen Zeit bereits eisfreien Gebiete.

Die hinter der Endmoräne liegenden Geschiebelehmflächen gehören einem besonderen Typus glazialer Landschaftsformen an, den man nach dem Vorgange alpiner Glazialgeologen auch bei uns mit dem Spezialnamen der „Moränenlandschaft" bezeichnet hat. Die wesentlichste Eigentümlichkeit dieser Moränenlandschaft besteht darin, dafs der sie zusammensetzende Geschiebemergel keine ebenen Flächen bildet, sondern uns in Form von zahllosen kleinen Kuppen und Rücken entgegentritt, deren Längsachsen absolut keine Regelmäfsigkeit ihrer Lage besitzen, sondern nach allen Richtungen der Windrose verlaufen, sowie darin, dafs zwischen diesen einzelnen Hügeln eben so viele rings geschlossene Depressionen sich finden, die ursprünglich wahrscheinlich alle mit Wasser erfüllt waren, im Verlauf der Jahrtausende aber zum gröfsten Teil durch Zuschlämmung oder Vertorfung landfest geworden sind. Diese Depressionen, deren kleinere in den verschiedenen Gebieten als „Sölle", „Fenne" oder „Pfuhle" bezeichnet werden, besitzen in der einfachsten Form kreisförmige oder elliptische Begrenzung und sinken in ihrer Gröfse auf Durchmesser von einigen Metern herunter. Mit der Zunahme der Gröfse gestaltet sich ihre Form komplizierter; sie erhalten Ausbuchtungen und Einschnürungen, Inseln von Geschiebemergel tauchen aus dem Wasser oder Moor hervor, und unter günstigen Umständen können diese Depressionen zu gröfseren Seen oder Mooren mit äufserst verwickelt gebauten Uferlinien zusammenfliefsen. Ein sehr grofser Teil jener Seen, die der baltischen Seenplatte ihren Namen gegeben haben, liegt in solchen Depressionen der Moränenlandschaft. Sie bildet einen unmittelbar an die Endmoräne anstofsenden und ihr in ihrer ganzen Länge folgenden Gürtel, der eine wechselnde Breite von 10—40 km besitzt. Mit derselben Regelmäfsigkeit lagert sich nach der anderen Seite an die Endmoräne eine Zone an, die in der Hauptsache aus groben, geschichteten Bildungen besteht, und zwar sind diese geschichteten Bildungen nach ihrer Korngröfse in der Weise geordnet, dafs das unmittelbar an die Endmoräne anstofsende Gebiet aus aufserordentlich groben Schottern und Granden zusammengesetzt ist, und dafs diese Massen um so feinkörniger werden, je weiter man sich von ihr entfernt, bis sie schliefslich in gewöhnliche Sande und alsdann ganz allmählich in die Thalsande der grofsen Thäler übergehen. Diese von mir als Haidesandebene bezeichnete, von Schleswig-Holstein bis zur russischen Grenze und darüber hinaus verfolgbare Zone besitzt gleichfalls eine wechselnde Breite, die derjenigen der Moränenlandschaft gleicht. Am gewaltigsten ist sie entwickelt im Haidesandgebiete

Schleswig-Holsteins, im pommersch-westpreufsischen Grenzgebiete und im südlichen Ostpreufsen. Die Mächtigkeit dieser Sand- und Schottermassen ist durch eine Anzahl von Bohrungen bekannt geworden, und es hat sich dabei gezeigt, dafs sie bis zu 25 m ansteigt.

Alle drei Erscheinungen, Moränenlandschaft, Endmoräne und Haidesandgebiete, stehen in engstem genetischem Zusammenhange. Während der Eisrand auf der heute von der Endmoräne eingenommenen Linie festlag, wurde von Norden her mit dem immerfort nachrückenden Eise ununterbrochen frisches Grundmoränenmaterial herbeigeführt, welches unter dem Eise durch die gestaltende Kraft des letzteren in die eigentümliche Form der Moränenlandschaft gebracht wurde. Dem Eisrande selbst aber entströmten an zahlreichen Stellen, genau so wie wir es bei den Gletschern unserer Hochgebirge und beim Inlandeise des grönländischen Kontinentes sehen, die Schmelzwassermassen in zahllosen grofsen und kleinen Strömen und Bächen, die das vorliegende Land in immer wechselndem Laufe durchflossen. Durch diese Schmelzwasser wurde schon unter dem Eise selbst das Grundmoränenmaterial einer mechanischen Aufbereitung unterworfen; die feinen, thonigen Teile strömten als Flufstrübe mit den Schmelzwassern weit nach Süden und gelangten schliefslich in gröfsere Seebecken oder in das heutige Nordseebecken hinein. Die gröberen Massen aber, die Schotter und Sande, konnten von den Schmelzwassern nicht so weit transportiert werden, sondern wurden in dem Terrain vor der Endmoräne abgelagert, und zwar die am schwierigsten beweglichen groben Schotter zuerst, die feineren Bestandteile, je nach ihrer Korngröfse, in geringerer oder gröfserer Entfernung. In besonders günstigen Aufschlüssen an der Grenze der Moränenlandschaft gegen das Sandgebiet kann man den Zusammenhang der Grundmoräne mit diesen geschichteten fluviatilen Bildungen bisweilen beobachten, und man sieht dann, dafs beide fingerförmig ineinander greifen, so dafs spitze Zungen von Kies in den Mergel und solche von Grundmoräne in die geschichteten Schotter sich hineinziehen. Im Gegensatze zu der Unregelmäfsigkeit der Moränenlandschaftsoberfläche bildet die Haidesandebene flach nach Süden geneigte Flächen, die von zahlreichen zum ehemaligen Eisrande mehr oder weniger senkrecht stehenden Thälern, den Betten der letzten Eisschmelzwasser, durchfurcht sind. Entweder sind diese Thäler heute vollständig trocken, oder es liegen in ihnen, wie Perlen auf eine Schnur gereiht, langgestreckte Seen, die in diesen öden, zumeist mit Nadelwald oder Haide bedeckten Sandgebieten die einzigen das Auge erfreuenden Bilder gewähren. Allen diesen Seen gemeinsam ist der

langgestreckte, flufsartige Umrifs, durch den sie sich wesentlich von den kompliziert gestalteten Seen der hinter der Moräne liegenden Moränenlandschaft unterscheiden. Aber nicht nur die Form der Umgrenzung, sondern auch die Gestalt des Untergrundes ist für beide Seentypen wesentlich verschieden: während die Flufsseen des Sandgebietes im Querschnitt die Form einer flachen Mulde besitzen, ist das Relief der Moränenseen ebenso wechselvoll, wie das der umgebenden Landschaft; tiefe, kesselförmige Löcher wechseln ab mit Untiefen oder Inseln, die beide durch auftauchende Kuppen von Geschiebemergel erzeugt werden. Zu den Seen des letzteren Typus gehören die tiefsten und gröfsten Seen der baltischen Seenplatte: Der Plöner-, Müritz-, Papenzin-, Spirding- und Mauersee und viele andere.

Eine andere Erscheinung, die in innigem Zusammenhange mit den Oberflächenformen und ihrer Entstehung steht, ist das Auftreten ausgedehnter abflufsloser Gebiete, innerhalb der Seenplatte von Mecklenburg bis nach Ostpreufsen. In einem Aufsatze in „Petermanns Mitteilungen“ habe ich von einem Teil Hinterpommerns eine kartographische Darstellung dieser ausgedehnten Gebiete gegeben, deren Gewässer oberirdisch mit keinem Flufssystem in Verbindung stehen. Alle Niederschläge gelangen in geschlossene Depressionen hinein, deren Wasserstand von dem wechselnden Verhältnis zwischen der Menge der Niederschläge einerseits und dem Betrag der Verdunstung andererseits bedingt wird. Dieses abflufslose Gebiet umfafst Teile sowohl der Moränenlandschaft wie des Sandgebietes und schliefst fast allenthalben die Endmoräne in sich ein.

Noch zweier Dinge haben wir zu gedenken, die in gewisser Beziehung zu den Endmoränen stehen. Es ist einmal die sogenannte Drumlinlandschaft und sodann die Lage der grofsen und kleinen Flufsthäler. Unter „Drumlinlandschaft“ versteht man ein Gebiet, in welchem die Grundmoräne in Form von lauter langgestreckten, einander parallelen Hügeln von verschiedenster Gröfse angeordnet ist, deren Haupteigentümlichkeit darin besteht, dafs die Längsachse dieser Hügel mit der ehemaligen Bewegungsrichtung des Inlandeises zusammenfällt. Diese letztere Beobachtung konnte natürlich nur da gemacht werden, wo das Eis gewissermafsen eine schriftliche Notiz über seinen Verlauf in Form von Kritzen und Schrammen auf der anstehenden festen Felsenunterlage hinterlassen hat, wie beispielsweise in Nordamerika, der Schweiz und Skandinavien. In unserem Vaterlande ist die Drumlinlandschaft bisher in der Provinz Posen bei Lissa und in Pommern beiderseits der unteren Oder beobachtet worden.

Besonders in letzterem Gebiete zeigt sich in ganz vortrefflicher Weise, wie das Eis sich von Norden her zunächst in rein südlicher Richtung bis in die Gegend von Stargard nach Süden vorschob, um alsdann, fächerförmig sich verbreiternd, rechtwinklig auf die in halbkreisförmigem Bogen dieses Gebiet nach Süden begrenzende Endmoräne zuzulaufen.

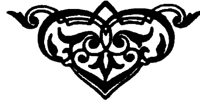
Mit der pommerschen Drumlinlandschaft zusammen kommen auch einige sogenannte Åsar vor. Dieser dem Schwedischen entstammende Name bezeichnet schmale, aber aufserordentlich lange Hügel von wallartigem Charakter, die aus reinen, vom Wasser abgelagerten und horizontal geschichteten Sanden und Kiesen bestehen. Man nimmt an, dafs diese bei uns etwa 3 Meilen langen Wallbergzüge in breiten, bis auf den Grund des Eises niedergehenden Spalten entstanden sind, in denen Gletscherströme einherbrausten und eine teilweise Ausfüllung der Spalten mit dem von ihnen transportierten gröberen Material bewirkten. Mit dem Abschmelzen des Eises blieben dann diese Rücken liegen. Da nun die grofsen Spaltenzüge im allgemeinen rechtwinklig zum Eisrande und parallel zur Bewegungsrichtung des Eises stehen, so bietet uns auch der Verlauf der Åsar einen Anhalt zur Beurteilung der Eisbewegung, und da, wo sie in Gemeinschaft mit den Drumlins auftreten, mufs eine Uebereinstimmung in den beiderseitigen Richtungen vorhanden sein, wie es sich auch in Pommern thatsächlich verhält. Die drei grofsen Åsar des vorderen Hinterpommern liegen südlich und südöstlich von Stargard und zwar in demjenigen Teile des Landes, der unmittelbar an die stark bewegte Grundmoränenlandschaft nach Norden hin anstöfst.

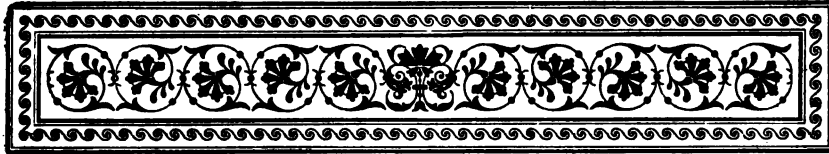
Die Flufsthäler Norddeutschlands zeigen vielfach ein aufserordentlich merkwürdiges Verhalten insofern, als sie durchaus nicht zu den heutigen grofsen Flufsläufen in Beziehung zu bringen sind, vielmehr fast jeder heutige Flufs eine Anzahl alter diluvialer Thäler benutzt und die zwischen ihnen liegenden Riegel durchbricht. Es wird vielleicht möglich sein, an dieser Stelle einmal ein zusammenhängendes Bild von der hydrographischen Entwicklung des norddeutschen Flachlandes zu geben; hier sei als zur Sache gehörig nur so viel bemerkt, dafs wir im Gebiete der norddeutschen Endmoräne zwei Systeme von Thälern unterscheiden können, deren eines im allgemeinen von Ostsüdost nach Westnordwest und im grofsen und ganzen parallel zur Endmoräne verläuft. Diesem Systeme gehören die grofsen Längsthäler des norddeutschen Flachlandes an, die man von der russischen Grenze bis zum Küstengebiete der Nordsee verfolgen kann. Recht-

winklig dazu steht ein System von kleineren, kürzeren Thälern, die zum grofsen Teile im Gebiete der Endmoräne ihren Ursprung haben und nach mehr oder weniger nordsüdlichem Laufe mit den grofsen Thälern sich vereinigen. Diese kleinen Thäler haben wir aufzufassen als Erosionsrinnen, welche durch die im Endmoränengebiete dem Inlandeise entströmenden Schmelzwasser geschaffen wurden. Sie fliefsen so lange nach Süden, bis sie in einer der grofsen ostwestlichen Depressionen sich sammeln und, in ihrer Gesamtheit einen gewaltigen Strom bildend, am Eisrande hin dem in jener Zeit allein vorhandenen Becken der heutigen Nordsee zuströmen konnten. In dieser Beziehung steht zu dem Posener Endmoränenzuge ein Längsthal, welches von der russischen Grenze bis Glogau von der Bartsch, von Glogau bis Frankfurt a. O. von der Oder, von da bis Fürstenwalde vom Friedrich-Wilhelmskanal und in seiner westlichen Fortsetzung von der Spree, Havel und Unterelbe benutzt wird. Dem nördlichen Endmoränenzuge dagegen entspricht das sogenannte Thorn-Eberswalder Hauptthal, welches bis Bromberg von der Weichsel, bis Landsberg von der Netze, bis Küstrin von der Warthe, bis Freienwalde von der Oder, bis Zehdenick vom Finowkanal, bis Havelberg vom Rhin benutzt wird. Hier vereinigt sich dieses Thal mit dem erstbeschriebenen. Der nordsüdlichen Zuflüsse, die von der Endmoräne herniederkommen, giebt es eine grofse Zahl, die heute entweder von kleinen Flüssen (Brahe, Küddow, Drage, obere Havel) benutzt werden oder sogenannte tote Thäler sind, die von keinem Wasserlaufe belebt sind, oder drittens durch eine Reihe von Seen ausgefüllt sind. Ursprüngliche Schmelzwasserströme des Inlandeises waren auch die beiden mächtigen Thäler, die an den südlichsten Stellen des Oder- und Weichselbogens dem Eise entströmten und nach dem Verschwinden desselben als kürzester Weg zum Meere nunmehr von einem Teile der Wassermassen der alten Urströme benutzt wurden und uns heute als Unterlauf der Weichsel und Oder entgegentreten.

Wenn wir einen Blick auf die Übersichtskarte dieser beiden grofsen Endmoränenzüge werfen, so sehen wir, dafs sie von der holsteinischen Grenze bis an die Oder hin einander ziemlich parallel verlaufen, von der Oder an östlich aber sich mehr und mehr von einander entfernen. Es ist anzunehmen, dafs dieses Verhältnis auch weiterhin nach Rufsland hinein so bleibt, und das gestattet uns den Schlufs, dafs die Abschmelzung des Eises je weiter nach Osten, desto schneller erfolgte, so dafs, während in Mecklenburg der Eisrand nur einige Meilen sich zurückzog, das Mafs dieser Bewegung in Polen

sich im gleichen Zeitraume bereits über zwei Breitengrade verteilte. Es ist in letzter Zeit von englischer Seite der Versuch gemacht worden, diese Endmoränenzüge als Produkte mehrerer Eiszeiten in Anspruch zu nehmen; die norddeutschen Geologen aber haben sich dieser Auffassung gegenüber durchaus ablehnend verhalten und sehen nach wie vor in diesen grofsartigen Erscheinungen gewisse Ruhepausen, Stellen längeren Stillstandes während des Rückzuges eines und desselben Inlandeises, und zwar desjenigen, welches als letztes die Gebiete unseres Vaterlandes überzog. Indessen sind über diese schwierigen Fragen die Akten noch nicht geschlossen.





Grönland.

Vortrag gehalten in der Urania
von Dr. **Erich von Drygalski** in Berlin.

(Schlufs.)

Ich habe schon oben erwähnt, dafs die Oberfläche des Inlandeises frei von Schutt ist, und dafs sich nur an seinem Rande die Moränenwälle stauen. Anders ist es bei den kleineren Gletschern des Küstengürtels, welche ihrer ganzen Länge nach in Thalformen liegen, und deshalb den von den Felswänden herabstürzenden Schutt auffangen. Dieselben sind teilweise so vollkommen von Schutt bedeckt, dafs man das Eis darunter nicht sieht. Besonders die Gletscherzungen, an denen der Schwund des Eismaterials am stärksten ist, sind vollkommen von dem Schutt überzogen (Fig. 5), welchen die Bewegung des Gletschers thalwärts getragen hat. Auch innerhalb des Gletscherkörpers findet sich reichlicher Schutt, welcher wie beim Inlandeise durch den steten Wechsel zwischen Schmelzen und Wiedergefrieren im Eise zu Schichten gesammelt ist. Dieselben sind in der Bewegung bisweilen in ihrer normalen Lagerung gestört und zu förmlichen Falten gebogen. Bisweilen ist der Schutt innerhalb der Gletscher so reichlich, dafs die Bewegung des Eises darin erstirbt, und die Moränen dann als festes Widerlager wirken, durch welches die Bewegung des nachströmenden Eises gestaut und abgelenkt wird. So ist es z. B. bei der 200 m hohen rechten Seitenmoräne des Sermiarsut-Gletschers der Fall, die das stauende Eis gegen die linke Uferwand hin abdrängt.

Bei anderen Gletschern überwiegt das nachströmende Nährmaterial den durch inneren Schwund entstehenden Verlust an Masse und den durch Aufnahme von Schutt bewirkten Verlust an Bewegungsfähigkeit. So fällt der Asakak in einem spaltenreichen Hange zu einem ebenen Boden am Meere herab und breitet sich auf diesem, wo er durch keine Felswände mehr eingeengt wird, nach allen Seiten aus, sodafs er wie ein Brei auseinanderquillt. Nicht immer ist jedoch bei

diesem Gletscher das Nährmaterial so reichlich gewesen, wie heute. Ich fand sein Ende etwa $1^1/_2$ km weiter vorgeschoben, als es der dänische Forscher K. V. T. Steenstrup im Jahre 1880 gesehen hatte, und habe von August 1892 bis August 1893 noch einen weiteren Vorstofs um etwa 8 m feststellen können.

Trotz der gröfseren Ausdehnung, welche Grönlands Eis in der Vorzeit gehabt hat, hat es indessen immer auch solche Felsen ge-

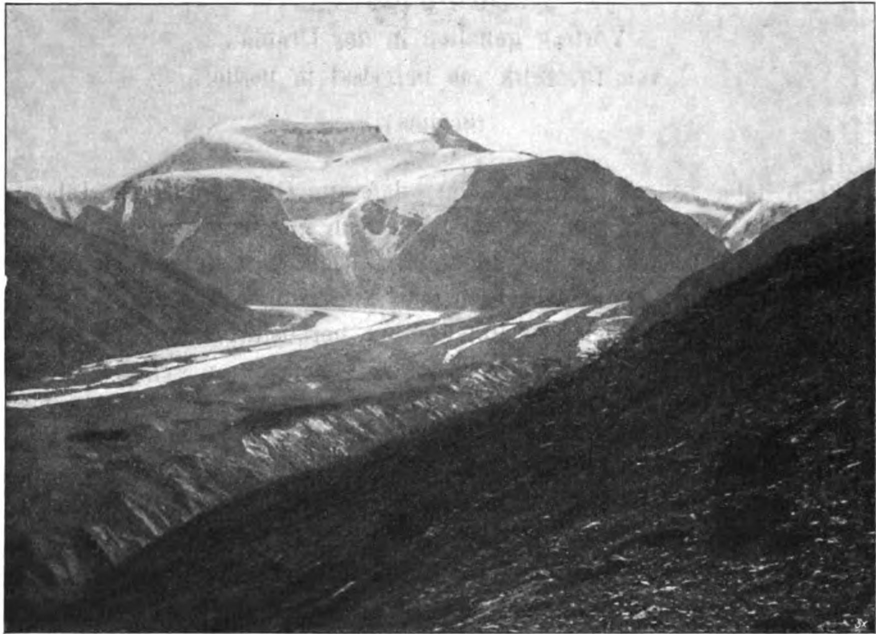


Fig. 5. **Die mit Schutt bedeckte Zunge des Sarfarfik-Gletschers.**

geben, die davon frei waren. An den senkrechten Felswänden vermochte sich das Eis nicht zu halten, wie es auch heute noch über sie hinunterstürzt oder ihnen ausweicht. Ein Beispiel dafür, dafs das Eis in der Vorzeit nicht alle Felsen verhüllt hat, bietet die Umanakklippe. Auf dem bis 400 m ansteigenden Vorlande derselben sieht man in den Rundungen, Polituren und Schrammen die Spuren der früheren Eisbedeckung. An der stolzen, schroffen Klippe, die darüber emporragt, ist von Eiswirkungen nichts zu bemerken. Die Umanak-Klippe (Fig. 6), welche sich bis zu einer Höhe von 1115 m direkt aus dem Meere erhebt, ist einer der schönsten Felsen an der Westküste Grönlands und hat bisher jeden Versuch zur Besteigung vereitelt.

Diese Felsen, welche einer Eisbedeckung auch in der Vorzeit

unzugänglich gewesen sind, waren die Zufluchtsstätten der grönländischen Flora während der Eiszeit; denn die Botaniker neigen sich zu der Ansicht, dafs die heutige Flora Grönlands nicht erst seit der Eiszeit dort eingewandert ist, sondern dafs sie schon vorher vorhanden war und zum grofsen Teil die Eiszeit überdauert hat. So unwirtlich, kahl und eisbedeckt das Land auch erscheint, so besitzt es doch eine Flora, zu der in dem südlichsten Teil selbst noch mannshohe Wälder von Birken, Weiden, Erlen, Ebereschen und Wachholder gehören,

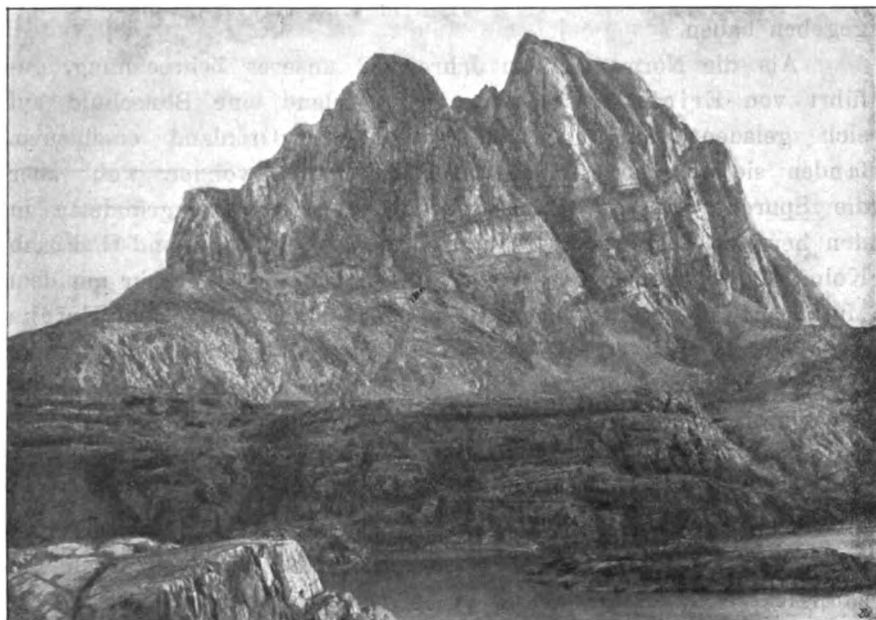


Fig. 6. **Die Umanak-Klippe.**

und welche auch im 70.° n. Br. noch 199 Arten höherer Pflanzen zählt. Man findet sogar hier in sonnigen Thälern noch Gebüsche und Matten mit niedrigem Weidengestrüpp, mit Orchideen, Gräsern und Farnen. Man findet auch Haideland mit Beerengewächsen, die im Sommer reifen und sehr wohlschmeckend werden, und mit zahlreichen Blütenpflanzen — Saxifragen, Rhododendron, Ledum, Glockenblumen, Mohn und anderen — bedeckt, welche wie die Alpenpflanzen in überaus lebhaften Farben erblühen. Man findet weiter Gras- und Torfmoore, welche die Grönländer teils zum Bau ihrer Häuser, die aus Steinen und Torf bestehen, teils auch zum Brennen verwenden. Man findet endlich eine Strandvegetation, welche an unsere heimischen Strandgewächse erinnert. Aber gröfsere Flächen bedecken alle diese

Vegetationsformen nicht; sie sind zwischen den kahlen Felsen eingesprengt und auf Felsklüfte verteilt, sodafs man sie erst sieht, wenn man dicht davor steht. Das Aussehen des Landes von ferne und im ganzen rechtfertigt seinen Namen Grönland, grünes Land, nicht. Wenn man aber den Eisgürtel an den Küsten durchschnitten hat und im Innern der Fjorde auf vegetationsreiche Flecken trifft, dann kann man verstehen, wie die ersten normannischen Ansiedler dort in der Verwunderung über den grofsen Kontrast zwischen der Aufsenseite und manchen Gebieten im Innern der Fjorde dem Lande diesen Namen gegeben haben.

Als die Normannen im Jahre 982 unserer Zeitrechnung, geführt von Erich dem Roten, der in Island eine Blutschuld auf sich geladen hatte und darum floh, in Grönland erschienen, fanden sie in dem südlichsten Teil keine Bewohner, wohl aber die Spuren vor, dafs solche vorhanden seien. Sie gründeten in den heutigen Distrikten von Julianehaab, Frederikshaab und Godthaab Kolonieen, welche lange bestanden und einen regen Verkehr mit dem Mutterlande unterhalten haben. Bekannt ist, dafs Leif, der Sohn Erichs des Roten, auch von Grönland aus weiter fuhr, und dafs die erste Entdeckung Amerikas sein Werk ist. Er kam bis in die Gegend des heutigen New-York und nannte das Land Vinland. Die normannischen Kolonieen haben lange geblüht, sodafs der Papst beschlofs, in Südgrönland ein Bistum zu errichten. Allmählich ging jedoch der Verkehr mit dem Mutterlande verloren, zumal er wegen des Eises an der Küste bei dem damaligen Zustande der Schiffahrt natürlich viel zahlreichere Opfer forderte, als er es heute noch thut. So wurden im 15. Jahrhundert die normannischen Kolonieen vergessen, und als Grönland durch John Davis am Ende des 16. Jahrhunderts zum zweiten Male besegelt und am Anfang des 18. Jahrhunderts durch Dänemark zum zweiten Male kolonisiert wurde, waren nur noch die Reste der alten Ansiedelungen, aber keine Überbleibsel der normannischen Bewohner mehr zu finden. Ein anderes Volk, die Eskimos, hatten das Land in Besitz.

Die Eskimos waren schon vor den Normannen in Grönland gewesen, wie Spuren von Wohnstätten bewiesen, die diese gefunden hatten. In weiten Wanderungen, deren Ursprung noch nicht ganz geklärt ist, der aber aus sprachlichen, wie aus körperlichen und wirtschaftlichen Gründen wahrscheinlich in Asien im Altaigebiete gelegen hat, haben sich die Eskimos über das arktische Nordamerika und die nördlich davon gelegenen Inseln verbreitet und sind wahrscheinlich

hoch im Norden über den Smithsund nach Grönland eingewandert. Räumlich ist die Wanderung der Eskimostämme jedenfalls eine der ausgedehntesten Völkerwanderungen gewesen, von denen wir Kunde haben, und auch heute hat die eskimoische Sprache, von der Beringstrafse bis nach Grönland, ein ganz ungeheueres Verbreitungsgebiet. Die Völkerwanderungen Europas stiefsen in den Gebieten, welche sie durchzogen, auf andere Völker, die sich ihrem Vordringen hemmend in den Weg stellten, und denen die Eindringlinge schliefslich unterlagen. Die Wanderung der Eskimos hatte weniger mit dem Widerstand anderer Völker zu kämpfen, wenngleich auch dieser nicht gefehlt hat, als mit dem härteren Widerstande der arktischen Natur. Die Eskimos haben sich diesem Zwange zu fügen verstanden und haben sich den Lebensbedingungen, die in der Eiswelt zu finden waren, angepafst.

In Grönland sind die Eskimos dann aus dem höchsten Norden allmählich südwärts gewandert und haben heute die ganze Westküste südlich vom 82.° n. Br. und die Ostküste bis zum Polarkreis nach Norden hinauf in ihrem Besitz. Früher haben sie auch an der Ostküste von der Südspitze bis zum 77.° n. Br. gewohnt, wie die von der zweiten deutschen Nordpolarfahrt unter K. Koldewey mitgebrachten Schädel bekunden. Sie haben durch allmähliche Anpassung an die arktische Natur den Sieg über die ihren Wanderungen entgegenstehenden Hindernisse gewonnen und vermochten so auch die normannischen Ansiedler, auf welche sie in Südgrönland trafen, zu überwinden und in sich aufzunehmen. Es sind bei einem südlichen Vorstofse der Eskimos in den Gebieten, die sie schon inne gehabt, aber dann wieder verlassen hatten, Zusammenstöfse zwischen ihnen und den Normannen, die sich dort inzwischen angesiedelt hatten, erfolgt. Die Normannen sind den Eskimos unterlegen und, wo sie nicht durch Kämpfe oder Krankheit vernichtet wurden, in den Lebensgewohnheiten der dem Lande besser angepafsten Eskimos aufgegangen.

Die heutigen Grönländer sind keine reine Rasse, sondern ein Mischvolk, in welchem europäische Gesichtszüge häufig vorkommen. Die frühere Verbindung mit den Normannen und die nun auch schon fast zwei Jahrhunderte währende Kolonisation durch Dänemark, in welcher Ehen zwischen Dänen und Grönländerinnen nicht selten sind, haben die Mischrasse gebildet. Aber der Charakter des Volkes ist durch den Charakter des Landes bestimmt; der Zwang der arktischen Natur gebietet die bestimmten Lebensgewohnheiten, welche sich die

Eskimos auf ihren langen Wanderzügen in den Eisregionen erworben haben.

Die Grönländer sind mittelgrofse Gestalten (Fig. 7). Sie haben einen kräftigen, gedrungenen Bau, ein gutmütiges aber intelligentes Gesicht, dunkle Augen, straffes schwarzes Haar. Die schiefe Stellung der Augen erinnert häufig an die Mongolen und ist einer der Gründe, weswegen die Herkunft der Eskimos aus Asien hergeleitet wird. Die Frauen haben runde, volle Formen, welche in der Männertracht, die auch sie durch den felsigen Charakter des Landes anzulegen gezwungen sind, auffallend hervortreten. Besonders charakteristisch ist die Haartracht der Frauen; die Haare werden zu einem aufrechtstehenden Stengel zusammengefafst, welcher oben in einen Knoten endigt. Der Stengel wird mit farbigen Bändern umwunden.

Die Kleidung der Grönländer wird zum gröfsten Teile aus Seehundsfellen hergestellt, deren rauhe Seite nach aufsen gekehrt ist. Besonders die Frauengewänder werden dabei durch Aufnähen kleiner, bunt gefärbter, glatter Fellstückchen mosaikförmig verziert, sodafs man den Eindruck einer kunstvollen Stickerei hat. Als Obergewand dient eine Bluse, an welcher oben eine Kaputze hängt, die bei Kälte über den Kopf gezogen wird. Die Beinkleider reichen bei den Männern bis wenig unter die Kniee, bei den Frauen endigen sie schon über dem Knie. Dafür tragen die letzteren hohe Stiefel aus weichem Seehundsfell, die bis auf den Oberschenkel hinaufreichen, während die Stiefel der Männer am Knie endigen. In den Stiefeln, den sogenannten Kamik, steckt ein Strumpf aus Seehundsfell oder im Winter aus Hundefell mit der rauhen Seite nach innen gekehrt. Diese Fufsbekleidung ist äufserst praktisch und wird deshalb auch von den Europäern im Lande benutzt. Sie ist warm und ermöglicht durch ihre Weichheit ein Gehen auf den glatt polierten Felsen, was mit europäischem Schuhwerk vollkommen unmöglich ist. Unter den Obergewändern und im Sommer auch allein werden von den Grönländern heutzutage fast allgemein wollene, baumwollene oder leinene Unterkleider getragen, was ihrer Gesundheit entschieden förderlich ist. Diese Abänderung der ausschliefslichen Fellbekleidung ist ein Vorteil, welchen die Kolonisation bringt.

Die Wohnungen der Grönländer bestehen aus Steinen und Torf, welche lagenweise aufgeschichtet werden. Das Dach ist platt und wird heute durch Bretter, früher durch Walknochen oder Renhörner getragen, wo nicht Treibholz vorhanden war. Meistenteils sind die Wohnungen heute innen mit Holz verkleidet, und vielfach haben sie

schon eiserne Öfen, die von Dänemark für einen billigen Preis geliefert werden. Auch dies ist ein Fortschritt in der Ökonomie der Grönländer, da die Erwärmung der Häuser früher nur durch die offenen Thranlampen erfolgte, in welchen Seehundsthran an einem Docht von Moos brannte und rauchte. Zum Heizen der Öfen wird von den Grönländern Kohle benutzt, welche an zahlreichen Stellen der mittleren Landesteile zu Tage tritt und mit dem Hundeschlitten geholt wird.



Fig. 7. **Gruppe von Grönländern aus dem Umanak-Fjord.**

Der Erwerb der Grönländer beruht ausschliefslich auf der Jagd und dem Fischfang, da der Boden aus harten Felsen und Eis besteht und nutzlos ist. Das wichtigste Jagdtier ist der Seehund, der ihnen Felle zur Kleidung, Thran zur Beleuchtung und zur Heizung, Fleisch zur Nahrung liefert. Das Seehundsfleisch ist die Lieblingsspeise der Grönländer und auch für den europäischen Geschmack keineswegs zu verachten, da ein Thrangeschmack bei frischem Fleisch nicht vorhanden ist, sondern erst nach längerem Liegen sich einstellt. Neben den Seehunden, welche im Sommer vom Kajak, jenen kleinen Fellbooten, und im Winter mit dem Hundeschlitten gejagt werden, kommen als Jagdtiere auf dem Lande wesentlich noch Rentiere, Schneehühner, Hasen

und Füchse in Betracht, von denen aber die letzteren nur in der Not und die Hasen ungern gegessen und so beide nur des Fells wegen gejagt werden. Auf dem Meere werden in einigen Distrikten auch jährlich zahlreiche Eisbären erbeutet und dann im Sommer überall Mengen von Vögeln, so Möwen, Alke, Eidervögel, Lummen, Taucher, Enten, Eissturmvögel und andere, welche die Küsten in ungeheuren Scharen beleben. Von Fischen kommen wesentlich nur Heilbutten und Haie in Betracht, von denen aber die letzteren nur des Thranes wegen gefangen werden, den man aus ihren Lebern gewinnt. In einigen Distrikten ist auch der Dorsch- und der Lachsfang für den Unterhalt der Grönländer nicht ohne Bedeutung. Das Fleisch der Haie wird von den Menschen nicht gegessen, sondern lediglich als Hundefutter verwendet.

Das einzige Haustier der Grönländer nördlich des Polarkreises ist der Hund (Fig. 8), während in Süd-Grönland an seiner Stelle auf einigen Kolonieen wenige Ziegen, Schafe und auch Kühe gehalten werden. Das Ren ist lediglich Jagdtier. Wo der Hund gehalten wird, kann kein anderes Haustier bestehen, weil derselbe seine Raubtiernatur besonders zu den Zeiten, wenn es an Futter mangelt, keinem anderen Geschöpf gegenüber verleugnet. Da man des Hundes in Nord-Grönland zum Schlittenverkehr und zum Fang auf dem Eise notwendig bedarf, mufs man sich dort mit diesem einzigen Haustier begnügen, wo nicht, wie ich es bei dem dänischen Kolonieverwalter Herrn Poul Müller in Jakobshavn sah, wenige Schafe in besonderen Umzäunungen gehalten werden. In Süd-Grönland tritt der Schlittenverkehr vollkommen zurück, weil die Eisdecke sich hier nirgends auf gröfseren Räumen so fest legt, wie sie es in den grofsen geschützten Buchten, die in Nord-Grönland den Küstengürtel unterbrechen, zu thun vermag. Infolge davon wird der Fang in Süd-Grönland auch im Winter hauptsächlich mit dem Kajak betrieben, und man kann des Hundeschlittens entbehren. Hier werden an den Stellen, wo keine anderen Haustiere eingeführt sind, Hunde nur als Pelztiere gehalten.

Die Leistungsfähigkeit des Hundes als Zugtier ist eine aufserordentliche. Bis zu 12 Hunde werden nebeneinander gespannt und ohne Leine nur durch Zuruf und durch die Peitsche gelenkt. Es ist mir erzählt, dafs ein Hundeschlitten bei gutem Eise bis 4 deutsche Meilen in der Stunde zurücklegen kann. Ich selbst habe mit 12 Hunden selten mehr als 2 Meilen zurückgelegt, jedoch mit demselben Gespann vom Februar bis zum Juni 1893 im ganzen etwa 450 deutsche Meilen bewältigt. Es geht dabei die steilsten Abhänge hinauf und

hinab, über glattes Eis wie durch wässerigen Schneebrei, über kahles Land, wie durch tiefe Schneewehen. Von Fahren zu sprechen, ist dann ja allerdings häufig illusorisch, da man grofse Strecken neben oder hinter dem Schlitten laufen, klettern oder waten mufs, aber man hat doch den Schlitten zur Stelle und stets einen Halt daran, den man bei einer Besserung des Weges zur Ruhe benutzen kann, während die unermüdlichen und oft so schlecht gefütterten und schlecht behandelten Hunde traben.



Fig. 8. **Grönländerhund.**

Grönland ist heute Dänische Kolonie, und der Handel ist ein Monopol der Königlichen Regierung. Handelswaren sind, aufser Seehundsfellen und Thran, Fuchs-, Ren- und Bärenfälle, Eiderdaunen, Federn und Narvalzahn. Die Grönländer erhalten für ihre Produkte bestimmte Preise und sind dadurch in den Stand gesetzt, sich auf den über das Land verteilten Handelsstellen, welche von Beamten verwaltet werden, europäische Gegenstände einzuhandeln. Sie kaufen dort für geringe Preise Holz, Kohlen, Werkzeuge, Munition, Wollsachen, Mehl, Brot, Kaffee, Zucker, Tabak und anderes, was sie in ihrer Genügsamkeit begehren. Der Verkauf von Spirituosen ist sehr zum Heile des Volkes verboten. Die am meisten geschätzten Genufsmittel sind Kaffee und Tabak, welche denn auch in grofsen Mengen

verbraucht werden und immer die gewünschte belebende Wirkung erzielen. Zur Erleichterung des Tauschverkehrs dienen Wertscheine, welche nach der dänischen Währung bemessen sind, jedoch nur in Grönland gelten.

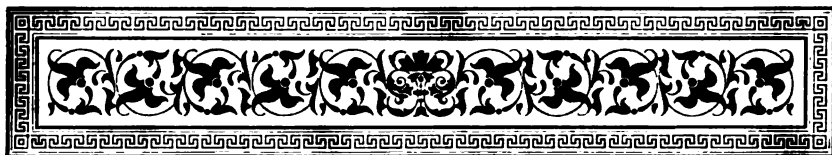
Es ist vielfach und wohl am eingehendsten in dem Buche von F. Nansen über das Leben der Eskimos die Frage erörtert, ob die Kolonisation für die Grönländer ein Vorteil sei oder nicht. Nansen spricht die Ansicht aus, dafs nur in einem Rückzug der Europäer aus dem Lande das Heil der Grönländer liege, und dafs sie andererseits immer mehr und mehr von ihrer Selbständigkeit verlieren und dem Untergange geweiht sein würden. Ich kann diese pessimistische Auffassung von den herrschenden Zuständen nicht teilen; auch wird ein Rückgang der Bevölkerung durch die zuverlässige Statistik, welche C. Ryberg neuerdings zusammengestellt hat, widerlegt.

Es ist zwar richtig, dafs die Grönländer sich immer mehr nach den Kolonieen hinziehen, was für ihren Fang naturgemäfs kein Vorteil ist, weil der Jagderwerb eine möglichst weite Verbreitung des Volkes fordert. Die Konzentration nach den Kolonieen erfolgt, weil die Grönländer die leichtere Beschaffung der europäischen Produkte wünschen, und weil sie in schweren Zeiten, wo der Zustand des Meeres den Fang erschwert, Hilfe von den Kolonieen begehren. Auch wird ein Teil der Grönländer zur Beschickung der Kolonieen verwandt. Andererseits ist es doch nur natürlich, dafs da, wo fremdartige Erzeugnisse zugänglich werden, auch ein Teil der Arbeitskraft des Landes dafür verfügbar sein mufs. Und von diesen Erzeugnissen giebt es viele, welche dem Volke unbedingt zum Segen gereichen, wie die Wollsachen zur Verbesserung der Kleidung, das Holz und die Öfen zur Verbesserung der Wohnungen, Gewehre und Munition zur Erleichterung der Jagd. Eine zu reichliche Jagd ist dabei nicht zu besorgen, weil sie auch mit Feuerwaffen noch Schwierigkeiten genug bringt, besonders wenn sie vom Kajak aus betrieben wird, was zu Zeiten nur die einzige Möglichkeit ist. Auch gönne man den Grönländern die wenigen Genufsmittel, die sie in ihrer Genügsamkeit begehren, und die dazu beitragen, ihnen ihr schweres Dasein freundlicher zu gestalten.

Mit jedem Fortschritt sind gewifs, wie überall, so auch in Grönland gewisse Nachteile verbunden, doch darf man den ersteren nicht ungeschehen wünschen, so lange er die letzteren übersteigt. Einer gewissen Einbufse an Selbständigkeit, welche aus der Konzentration des Volkes nach den Kolonieen folgt, wird heute durch die Regierung

in zweckmäfsiger Weise mit Mafsregeln entgegengearbeitet, welche bestimmt sind, die Selbständigkeit des Volkes wieder zu heben. Die Einrichtung von Sparkassen und Gemeindekassen, welche zur Förderung des Fanges und zur Linderung von Mifserfolgen in dem Erwerb bestimmt sind und der Verwaltung der Grönländer unterstehen, gehören hierzu. Es ist nur zu wünschen, dafs derartige Bestrebungen von weiterem Erfolge gekrönt werden. Nicht einen Rückzug der Europäer aus dem Lande, sondern einen langen Bestand der humanen und vorsichtigen Kolonisation, welche Dänemark dort betreibt, mufs man zum Heile der Grönländer wünschen.





Die intramerkuriellen Planeten und das Gravitationsgesetz.

Von G. von Gleiche in Ludwigsburg.

Nachdem im IV. Bande der Annalen der Pariser Sternwarte die Sonnentafeln Leverriers erschienen waren, folgten im Jahre 1854 Theorie und Tafeln des Merkur. Zur Vergleichung der zunächst lediglich aus der Gravitationstheorie gefolgerten Resultate mit den Beobachtungen verwendete Leverrier 14 gut beobachtete Merkurdurchgänge vom Jahre 1677 bis 1848 und aufserdem 400 Meridianbeobachtungen, welche sämtlich der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts angehören, somit für die damalige Zeit ein sehr verläfsliches Material darstellten. Hierbei fanden sich — im Gegensatze zu Leverriers übrigen Planetentheorien — ziemlich erhebliche Unstimmigkeiten, welche die mögliche Gröfse von Beobachtungsfehlern weit überschritten. Vor allen Dingen wurden die im Mai stattgehabten Durchgänge (Merkurdurchgänge können nur im Mai — absteigender Knoten — und im November — aufsteigender Knoten — stattfinden) besonders schlecht dargestellt. Hieraus läfst sich von vornherein auf eine fehlerhafte Bestimmung des Perihels schliefsen; aufserdem nahmen die Differenzen zwischen Rechnung und Beobachtung während der Zeit von mehr als einem Jahrhundert systematisch ab. Nun hat schon nach der Theorie das Perihelium der Merkur-Bahn infolge der störenden Einwirkung der übrigen Planeten eine jährliche siderische Bewegung von etwa 5″,27; der Pariser Astronom fand nun aber, dafs sich die genannten Differenzen zwischen Rechnung und Beobachtung dadurch zum Verschwinden bringen lassen, dafs man die aus der Theorie abgeleitete Bewegung des Merkurperihels um 0″,38 jährlich, d. h. um 38″ im Jahrhundert vermehrt. Vermittelst dieser empirischen Korrektion brachte er nun zwar seine Tafeln in befriedigende Übereinstimmung mit dem Himmel; allein es blieb die Thatsache bestehen, dafs man für die säkulare Bewegung des Perihels einen Unterschied

von 38″ zwischen Rechnung und Beobachtung hatte, und es handelte sich nun darum, hierfür eine Erklärung zu finden.

Da die Störungen des Merkur zum grofsen Teile durch die benachbarte Venus hervorgerufen werden, deren Massenbestimmung zudem ziemlichen Schwierigkeiten unterliegt, lag das Auskunftsmittel nahe, zunächst zu untersuchen, ob nicht die Annahme einer gröfseren Masse für Venus im stande wäre, jenen Überschufs von 38″ zu erklären. Hierzu wäre zwar eine Vermehrung der Venusmasse um ein Zehntel ihres bisher angenommenen Wertes hinreichend gewesen; allein eine so grofse Masse hätte auch auf die Erde Einflufs haben müssen, namentlich aber Veränderungen der Ekliptikschiefe bewirken müssen, welche mit den Beobachtungen unter gar keinen Umständen zu vereinbaren gewesen wären. Die Lösung der einen Schwierigkeit hätte also eine noch weit störendere zweite zur Folge gehabt. Dabei ist zu bemerken, dafs die Theorie der Erdbewegung, wie wir sie hauptsächlich Leverrier verdanken, so gut wie nichts zu wünschen übrig läfst, d. h. die Beobachtungen in jeder Hinsicht befriedigend darstellt. Aufserdem verbieten eine Reihe weiterer Umstände (Mars-Theorie, Venus-Theorie, Bewegung des Enckeschen Kometen) nicht nur mit Entschiedenheit die Erhöhung der Venusmasse, sondern verlangen sogar eine Verminderung des Leverrierschen Wertes.

Für Leverrier, welchem nicht allzulange vorher durch die Diskussion der Ungleichheiten der Uranusbewegung die rechnerische Entdeckung des Neptun geglückt war, lag der Gedanke nahe, die erwähnte Unregelmäfsigkeit bei Merkur durch einen oder mehrere bisher unbekannte Planeten in dessen Nähe zu erklären. Damit der störende Planet nicht auch auf die Venus einen merklichen Einflufs ausübte, mufste er zwischen Merkur und Sonne versetzt werden, und so kam die Hypothese des bezw. der intramerkuriellen Planeten auf die Tagesordnung, welche in der Folgezeit eine Reihe der bekanntesten Gelehrten beschäftigt hat.

Dafs einem solchen Planeten die fragliche Einwirkung zugeschrieben werden könne, liefs sich ohne Schwierigkeit feststellen. Der betreffende Himmelskörper, meint Leverrier, würde nicht sehr grofs sein und sich vor allem nicht sehr weit von der Sonne entfernen, so dafs er ein einigermafsen schwieriges Beobachtungsobjekt wäre. Allein trotzdem hätte man den Planeten entweder bei einer totalen Sonnenfinsternis bemerken oder vor der Sonne vorbeigehen sehen müssen. Dies war bis dahin noch nicht gelungen, obwohl z. B. schon 1826 Schwabe und später (1847) Edward Herrick systematische

Beobachtungen in dieser Hinsicht angestellt hatten. Ersterer gelangte lediglich dazu, den periodischen Wechsel der Sonnenflecke zu konstatieren. Dies liefs schon von vornherein mehr auf eine Gruppe von Planetoiden zwischen Sonne und Merkur schliefsen, ähnlich wie diejenige zwischen Mars und Jupiter.

Da entdeckte plötzlich ein Liebhaber-Astronom, der Arzt Lescarbault in Orgères, am 26. März 1859 eine kleine schwarze Scheibe, welche in 1 Stunde 17 Minuten vor der Sonne vorüberzog. Leverrier berechnete demnächst die Bahn des neuen Planeten und fand seine Umlaufszeit gleich 19,7 Tagen, die Neigung der Bahn zu 12^0 10′, die Länge des Knotens zu 13^0. Aus dem beobachteten Durchmesser konnte man höchstens auf eine Masse gleich $^1/_{17}$ der Merkurmasse schliefsen. Es war dies der „Vulkan“, welcher denn auch alsbald in einer Anzahl von Schriften als Mitglied des Sonnensystems anerkannt wurde. Allein sofort fand sich eine Schwierigkeit: entweder hätte Vulkan bedeutend näher am Merkur stehen, also eine gröfsere Umlaufszeit haben müssen oder aber er hätte eine drei bis viermal gröfsere Masse als Merkur selbst haben müssen, um die betreffende Wirkung auf das Merkurperihel hervorbringen zu können. Natürlich strengte man sich alsbald an, den Lescarbaultschen Planeten wieder zu finden; allein bei der totalen Sonnenfinsternis von 1860 wurde er trotz der eifrigsten Nachforschungen vergeblich gesucht und auch weder am 22. März 1877, noch am 15. Oktober 1882, an welchen Tagen er wieder vor der Sonne vorübergehen sollte, wurde eine Spur von ihm bemerkt. Allerdings sind sonst (wenigstens angeblich) eine ganze Reihe von Vorübergängen dunkler Körper vor der Sonne beobachtet worden. Professor R. Wolf in Zürich veröffentlichte schon Ende des Jahres 1859 fünfzehn Fälle dieser Art. Er nahm diese und noch weitere Beobachtungen in sein bekanntes „Handbuch der Astronomie“ auf und äufserte sich Anfangs der siebziger Jahre dahin, dafs wahrscheinlich zwei intramerkurielle Planeten von 26 bezw. 38 Tagen Umlaufszeit existieren dürften. Später schien er sich jedoch entschieden ablehnend gegen diese Annahme verhalten zu haben. Weiterhin hat im Jahre 1879 Theodor v. Oppolzer es nochmals unternommen, aus den Beobachtungen der vor der Sonne gesehenen Körper eine neue Bahn zu bestimmen, welche in gewisser Beziehung sehr viel Bestechendes hatte. Allein angesichts der zahlreichen Enttäuschungen, welche man erlebt hat, hat man es nachgerade aufgegeben, nach Durchgängen intramerkurieller Planeten auszuspähen. Abgesehen von speziell berechneten Durchgängen hätte

man doch wohl auch in neuerer Zeit gelegentlich des mit so grofser Aufmerksamkeit und Ausdauer betriebenen Studiums der Sonnenoberfläche das eine oder andere Mal derartige Körper vor der Sonne sehen müssen. Für die Sorgfalt der angestellten Beobachtungen sprechen die Namen Carrington, Spörer, Perrotin; trotzdem ist kein Erfolg zu verzeichnen.

Was die Wahrnehmungen bei totalen Sonnenfinsternissen anlangt, so waren hier die Resultate ebenfalls keine günstigen. Bei der Finsternis vom 29. Juli 1878 gewahrte zwar Watson zwei rötliche Sterne, welche er für intramerkurielle Planeten zu halten geneigt war. Allein es spricht eine sehr grofse Wahrscheinlichkeit dafür, dafs eine Verwechslung mit den Sternen ϑ und ζ Cancri stattgefunden hat. Interessant sind vor allem auch die Beobachtungen, welche J. Palisa in Gemeinschaft mit E. Trouvelot auf Caroline-Island im grofsen Ozean erhalten hat. Die beiden Astronomen, welche der französ. Sonnenfinsternis-Expedition angehörten, hatten sich die Aufsuchung intramerkurieller Planeten während der totalen Finsternis vom 6. Mai 1883 zur speziellen Aufgabe gemacht. Zu diesem Zwecke hatten sie besondere Sternkarten vorbereitet, in welche die Sterne der betr. Himmelsgegend bis zur 7. Gröfse einschl. eingetragen waren; jeder nahm zunächst die ihm durchs Loos zugeteilte Seite der Sonne in Angriff. Palisa, welcher sich eines Kometensuchers von 16 cm Öffnung bediente, notierte eine Reihe von Sternen, konnte aber alle mit bekannten Sternen identifizieren, wobei zu bemerken ist, dafs er keinen Stern unter 6. Gröfse wahrgenommen hat. E. S. Holden von der amerikanischen Expedition konnte das negative Resultat Palisas bestätigen, dagegen erblickte Trouvelot auf der westlichen Seite der Sonne einen roten Stern. Leider gelang es ihm jedoch nicht, die Position desselben zu bestimmen. Palisa hat indessen mit ziemlicher Sicherheit dargethan, dafs dieser Stern identisch mit α Arietis war; im übrigen deutet er an, dafs er nach den gemachten Erfahrungen das Suchen nach intramerkuriellen Planeten für eine undankbare und aussichtslose Aufgabe hält. Auf diesem Standpunkt stehen wir im grofsen Ganzen auch heute, so dafs die intramerkuriellen Planeten wohl definitiv aus der Liste des Sonnensystems gestrichen sein dürften, wenigstens soweit es sich um relativ gröfsere Körper, nicht um einen Planetoidenring oder dergleichen handelt.

Um sich von den Beobachtungen dunkler Körper Rechenschaft zu geben, sind verschiedene Vorschläge gemacht worden. Die einen zweifeln die Realität der Beobachtungen geradezu an, andere

meinen, es seien Verwechslungen mit Vögeln, welche vor der Sonne vorbeiflogen, vorgekommen. Es ist am Ende nicht unmöglich, dafs es Kometen waren, obschon die Wahrscheinlichkeit hiefür keine grofse ist. In Betreff der Kometen ist zu bemerken, dafs allerdings am 26. Juni 1819 das Vorbeiziehen eines verdächtigen Fleckens vor der Sonne beobachtet wurde, welches Ereignis allenfalls mit einem Durchgang des Kometen 1819 II identifiziert werden kann. Dagegen verschwand der Komet 1882 II (Cruls), welcher vor der Sonne vorbeiging, bei seinem Eintritt in den Sonnenrand völlig den Augen der Beobachter (Elkin und Finlay).

Unter den neueren Abhandlungen über den hier besprochenen Gegenstand müssen in erster Linie die Arbeiten Bauschingers und Harzers hervorgehoben werden. Der Inhalt des Werkes des erstgenannten Gelehrten mag aufserdem hier in Kürze angedeutet werden. Der Verfasser der „Untersuchungen über die Bewegung des Planeten Merkur“ geht zunächst davon aus, dafs die Existenz einer Anomalie in der Bewegung des Merkurperihels ohne allen Zweifel erwiesen sei, nachdem Hill und Newcomb unter Zugrundelegung verbesserter Planetenmassen vermittelst einer von der Leverrierschen ganz verschiedenen Methode der Berechnung der Säkularstörungen ein Resultat gefunden haben, welches von dem Leverriers nur unwesentlich abweicht. Sodann diskutiert Bauschinger nochmals die Massen von Venus und Erde und weist überzeugend nach, dafs eine Änderung der Massen (d. h. vor allem der in erster Linie in Betracht kommenden Venusmasse), wodurch man den durch die Merkurbewegung veranlafsten Bedingungsgleichungen genügen könnte, unter allen Umständen unzulässig ist. Er formuliert daher seine Hypothese allgemein, wie folgt: „In der Ebene der Merkurbahn zwischen Sonne und Merkur ist der Sitz einer Kraft, deren Einwirkung auf die Bewegung des Merkur eine jährliche Variation des Perihels seiner Bahn von 0″,43 zur Folge hat“. Nahe in der Merkurbahn-Ebene müfste sich die bewufste Kraft befinden, da andernfalls sich ein merklicher Einflufs auf den Merkurknoten zeigen müfste. Ein solcher aber hat sich nach Bauschingers Ansicht, welche freilich in dieser Hinsicht nicht ganz allgemein geteilt wird, nicht gezeigt. Er läfst zunächst dahingestellt, ob die Einwirkung von einem Planeten oder von einer Planetengruppe ausgeht; in der analytischen Untersuchung kann er beide Fälle gleichzeitig behandeln, indem er die Gaufssche Methode für die Berechnung der Säkularstörungen anwendet. Für einen einzelnen Planeten ergiebt sich jedoch eine so erhebliche Masse, dafs es nicht

wohl denkbar wäre, dafs er der Beobachtung bisher entgangen wäre. Wohl aber, sagt Bauschinger, könnte sich ein Planetoidenring unsererer Wahrnehmung entziehen, und zwar sowohl bei totalen Sonnenfinsternissen, als auch bei Vorübergängen vor der Sonnenscheibe. 100000 Körper von 100 km Durchmesser und von der Dichte des Merkur, welche in der durchschnittlichen Entfernung von 0,2 des Erdabstandes um die Sonne kreisen, genügen zur Erzielung der fraglichen Variation. Etwas mehr Wahrscheinlichkeit, gesehen zu werden, aber auch noch sehr geringe, hätte ein Ring von gröfserer Diffusion der Massenteilchen, also eine dem Saturnringe (Theorie Maxwell-Hirn) ähnliche Anhäufung kleiner Körperchen. Bauschinger neigt somit am meisten zu der vorletzten Hypothese hin, gegen welche sich nichts einwenden lasse, sofern man als erwiesen ansieht, dafs die erwähnten Körper für unsere Beobachtungsmittel unzugänglich sind. Ein solcher Planetoidenring würde in der Knotenbewegung der Venus schlimmstenfalls eine säkulare Störung von — 1″,1 hervorrufen, eine Gröfse, welche die Beobachtungen nicht mehr verbürgen könnten. Auf die von der Sonne noch weiter abstehenden Planeten wäre natürlich die Einwirkung vollends verschwindend. Schliefslich kommt der Gelehrte noch auf den Umstand zu sprechen, dafs der jetzige Zustand der Störungstheorie noch weit davon entfernt sei, für die Vollständigkeit der Entwickelungen eine sichere Gewähr zu bieten. Zur Beseitigung diesbezüglicher Bedenken unternimmt er es daher, die gesamten Störungen, welche Merkur von der Venus und dem Jupiter erleidet, nach der Methode von Hansen zu bestimmen. Obwohl nun diese Methode von derjenigen der „Variation der Konstanten“, welche Leverrier bei seinen Planetentheorieen angewandt hat, ganz wesentlich abweicht, ergiebt sich, dafs auch den nach der Hansenschen Methode berechneten Merkurörtern eine rein empirische Korrektion hinzugefügt werden mufs, um die Beobachtungen darzustellen.

Neuerdings hat nun Newcomb die Theorie der 4 inneren Planeten aufs sorgfältigste wieder aufgenommen und die Resultate seiner mehrjährigen Arbeiten in der Abhandlung „the Elements of the 4 inner Planets etc.“ (Washington 1895) niedergelegt. Derselbe war in der Lage, eine Reihe neuerer Beobachtungen zu berücksichtigen und die anderweitig genauer bestimmten Planetenmassen von vornherein zu verwenden. Auch er findet für das Merkurperihel nahe dasselbe Resultat wie Leverrier.

Zur Erklärung zieht der amerikanische Astronom zunächst die Einwirkung der Abplattung der Sonne in Betracht, welche — ob-

wohl in geringem Grade — vorhanden sein und der Theorie nach eine Bewegung des Perihels zur Folge haben mufs. Um jedoch eine so grofse Abweichung zu verursachen, müfste der Polardurchmesser der Sonne annähernd eine ganze Bogensekunde kleiner sein, als der Äquatorealdurchmesser. Die genauesten Beobachtungen haben aber nicht den geringsten merklichen Unterschied zwischen beiden Durchmessern ergeben. Nimmt man die Abplattung so an, wie sie nach einem bekannten Gesetz der Sonnenrotation entspricht, so findet man für die fragliche Störung des Merkurperihels nur etwa 1″ im Jahrhundert, also eine unmerkliche Gröfse. Eine sehr bemerkenswerte Analogie hat sich neuerdings bei dem 1892 von Barnard entdeckten Jupitersatelliten V gezeigt, worauf Callandreau hingewiesen hat. Dieser Mond steht, wie Merkur der Sonne, dem Jupiter sehr nahe; die Bewegung seines Perijoviums ist nun nicht unbedeutend schneller, als die bis jetzt nach den neuesten und besten Bestimmungen angenommene Abplattung Jupiters zuläfst. Entweder mufs man für letztere ziemlich beträchtliche Werte anwenden, oder man hat denselben Fall, wie beim Merkurperihel.

Die Hypothese des Vorhandenseins eines intramerkuriellen Planeten verwirft Newcomb ebenfalls aus den bereits erwähnten Gründen. Im Gegensatz zu Bauschinger hält er auch einen Meteoritenoder Planetoidenring für unzulässig; da man einem solchen eine immerhin nennenswerte Masse zuschreiben müsse, würde er so viel Licht reflektieren, um bemerkt werden zu können. Noch weniger als einen intramerkuriellen Ring hätte man einen zwischen Merkur und Venus gelegenen Ring übersehen können, durch welchen ebensogut die fraglichen Abweichungen erklärt werden könnten.

Unter den neuesten Arbeiten über die vorliegende Frage erscheint die Abhandlung v. Haerdtls besonders deshalb bemerkenswert, weil sie eine von den früheren ganz abweichende Hypothese enthält, nämlich die: Merkur habe einen Satelliten. Da der Schwerpunkt des Systems dieser beiden Körper nicht mit dem Mittelpunkt des Merkur zusammenfiele, würden sich naturgemäfs für die Bewegung des letzteren Ungleichheiten ergeben. Unter anderem äufsern sich diese Ungleichheiten als Störungen der Länge des Perihels, wobei gleich darauf hinzuweisen ist, dafs zwar auch unser Mond eine analoge Variation des Erdperihels verursacht, dafs jedoch diese Störung, weil andere Konstanten in die Rechnung eingehen, äufserst geringfügig ist, indem sie jährlich nicht einmal 0″,07 beträgt. Der analytische Ausdruck der Störung enthält unter anderem die Masse des

Satelliten und dessen Entfernung vom Planeten, also 2 Unbekannte, für die weiter nichts übrig bleibt, als plausible Annahmen zu machen. Haerdtl findet übrigens, dafs mehrere ganz ungezwungene Annahmen den Bedingungen des Problems genügen würden. Die ebenfalls merkliche Störung des Merkurknotens, welche der Trabant nach der Theorie bewirken müfste, wird gleich Null, wenn die Neigung der Satellitenbahn verschwindend gering angenommen wird. Im übrigen weist von Haerdtl darauf hin, dafs die völlige Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Theorie hinsichtlich der Knotenbewegung des Merkur gar nicht erwiesen ist. Es sei somit vom theoretischen Standpunkt gegen die Hypothese eines Merkurmonds nichts einzuwenden, wohl aber lasse sich vom Standpunkt der Beobachtung aus ein schwerwiegender Einwand vorbringen. Die Masse dieses Begleiters müfste nämlich so grofs sein, dafs, bei einigermafsen wahrscheinlichen Annahmen über die Dichtigkeit dieses Körpers, der letztere eine Helligkeit besäfse, vermöge welcher er der Wahrnehmung nicht entgehen könnte. Auch durch die Annahme mehrerer kleinerer Satelliten oder einer anderen Masse für Merkur lasse sich diese Schwierigkeit nicht ganz beseitigen.

Da somit gegen alle bisherigen Hypothesen gewichtige Einwände vorgebracht werden können, hat man sich veranlafst gesehen, an dem Newtonschen Gravitationsgesetz zu rütteln. Für die analytische Behandlung der in Frage kommenden Theorien darf hier auf das interessante Werk des leider zu früh verstorbenen Direktors der Pariser Sternwarte F. Tisserand (Mécanique céleste, Band 4, Kapitel 28 und 29) verwiesen werden; hier müssen wir uns auf die Anführung der hauptsächlichsten Resultate beschränken.

Bekanntlich ist der Ausdruck des Newtonschen Attraktionsgesetzes für zwei Massen M und m, deren gegenseitige Entfernung r ist, gleich $\frac{F\,M\,m}{r^2}$, wo F die sogenannte Attraktionskonstante darstellt. Wäre nun der Exponent von r nicht = 2, sondern um ein geringes gröfser, so wäre, wie schon Newton selbst gezeigt hat, die Folge, dafs die Perihelien der Planetenbahnen in eine langsame direkte Bewegung versetzt würden. Auf diese Weise hat nun A. Hall berechnet, dafs die Änderung des Exponenten 2 in 2,000 000 162 bereits genügt, um die fragliche Abweichung in der Bewegung des Merkurperihels darzustellen. Newcomb schliefst sich — wie Tisserand betont, wohl mehr aus praktischen Rücksichten — diesem Auskunftsmittel an; die Hallsche Hypothese erklärt nämlich aufserdem auch

ziemlich gut eine ähnliche Variation des Mondperigäums. Dagegen läfst diese Theorie uns bei der Erklärung einer (noch gröfseren) Ungleichheit des Mondknotens und einer ebenfalls ziemlich merklichen des Venusknotens im Stich. Schliefslich widerstreitet auch ein so künstliches Attraktionsgesetz unserem Gefühl.

Weniger könnte man dies von den nachfolgenden Hypothesen sagen:

Zöllner hat das elektrodynamische Gesetz Webers auf die Astronomie übertragen; damit würde das Attraktionsgesetz statt wie bei Newton durch

$$\frac{F\,M\,m}{r^2} \text{ durch } \frac{F\,M\,m}{r^2}\left[1 - \frac{1}{c^2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + \frac{2}{c^2}\,r\,\frac{d^2\,r}{dt^2}\right]$$

ausgedrückt. Für die Bewegung des Perihels erhält man hieraus nach Harzer den bemerkenswerten Ausdruck $\delta\,\pi = \frac{k^2}{c^2\,a\,(1 - e^2)}\,nt$, wo c eine Konstante, k die sogenannte Gaufssche Konstante, a die Halbaxe, e die Excentricität der Bahn, n die mittlere tägliche Bewegung bedeutet. Nimmt man für c den Wert, welcher für imponderable Massen stattfindet (etwa 440 000 km), so erhält man aus der obigen Formel als säkulare Bewegung des Merkurperihels nur 6″,73, weshalb sich z. B. Bauschinger ablehnend gegen diese Erklärung verhält. Man kann aber c sehr leicht so bestimmen, dafs die fragliche Bewegung des Merkurperihels dargestellt wird; man müfste c etwa = 180 000 km setzen. Es mufs indessen betont werden, dafs eine derartige Bestimmung der Konstante c etwas ganz willkürliches ist und somit auch nicht viel mehr als eine empirische Korrektion bedeutet.

Wie man sieht, enthält die Zöllner-Webersche Formel kleine Zusatzglieder, welche vom Quadrat der Geschwindigkeit und von der Beschleunigung in der Richtung des Radius Vektor (d. h. von $\left(\frac{dr}{dt}\right)^2$ und $\frac{d^2r}{dt^2}$) abhängig sind. In dem ähnlichen Gesetze von Riemann kommt eine analoge Konstante vor, welche zu etwa 250 000 km genommen dasselbe Resultat erzielt. Schliefslich kann man auch die beiden Gesetze kombinieren und damit den gewünschten Erfolg erhalten.

Auch das Clausiussche Gesetz giebt dem Newtonschen ein Zusatzglied, womit man im stande ist, die Bewegung des Merkurperihels darzustellen; in allen erwähnten Fällen ist der Einflufs der Korrektion auf die weiter von der Sonne entfernten Planeten nur

ein ganz geringer. Letzteres gilt jedoch weniger von dem (soviel bekannt von Laplace herrührenden) Gesetz $\frac{FMm}{r^2} e^{-cr}$; bestimmt man hiermit und mit der Bewegung des Merkurperihels die kleine Konstante c, so erhält man, wie Seeliger gezeigt hat, für die Perihelbewegungen der übrigen Planeten zu grofse Werte.

Ist es nun auch, hauptsächlich wegen der Kleinheit der Korrektionsglieder, sehr schwer, wo nicht ganz unmöglich, zu entscheiden, welcher der neueren Gravitationshypothesen (um erschöpfend zu sein, hätten noch einige angeführt werden müssen) man den Vorzug geben soll, so unterliegt es doch berechtigtem Zweifel, ob das durch seine schöne Einfachheit bestechende Newtonsche Gesetz in der That völlig zutrifft. Es liegt ja an und für sich der Schlufs nahe, dafs sehr schnelle Bewegungen oder die Fortpflanzungsdauer der Attraktion einen merklichen Einflufs auf die Wirkung der letzteren haben möchten. Andererseits ist vor voreiligen Hypothesen zu warnen. Wir sehen uns also vor der Hand genötigt, von dem Auskunftsmittel empirischer Korrektionen Gebrauch zu machen, und müssen uns damit beruhigen, dafs die Abweichungen von dem Gesetz der allgemeinen Gravitation, wie sie uns die Beobachtung des Merkur und unseres Mondes anzuzeigen scheinen, verhältnismäfsig geringe sind. Im grofsen und ganzen beherrscht jedenfalls Newtons Gesetz die himmlischen Bewegungen.





Die gröfste und vollständigste Meteoritensammlung der Welt befindet sich in dem k. k. naturhistorischen Hofmuseum zu Wien und ist kürzlich in den „Annalen" dieses Instituts*) von ihrem langjährigen verdienten Leiter Dr. A. Brezina eingehend beschrieben worden. Die Sammlung besitzt, wie wir dieser Beschreibung entnehmen, von nicht weniger als 498 Lokalitäten Meteorsteinstücke im Gesamtgewicht von etwa $3^1/_2$ Tonnen und übertrifft damit die beiden nächstbedeutenden Sammlungen in London und Paris um ein Beträchtliches. Das Verdienst der Zusammenbringung dieses gewaltigen Materials gebührt aufser Brezina, der während einer 18jährigen Amtsführung einen Zuwachs um 197 Lokalitäten erzielte, vor allem auch dem bekannten Mineralogen Haidinger, der innerhalb einer 11jährigen Thätigkeit Proben von 109 Lokalitäten erwarb. Aber auch die übrigen Leiter der im Jahre 1747 begründeten Sammlung, wie Schreiber, Partsch und Tschermak, haben das ihrige zur Vervollständigung derselben beigetragen, sodafs es gegenwärtig in anderen Museen nur sehr wenige Meteoriten giebt, die nicht in der Wiener Sammlung geschwisterliche Stücke aufzuweisen hätten. Auf Grund dieses reichhaltigen Materials hat Dr. Brezina ein Meteoritensystem aufgestellt, welches diese himmlischen Objekte in nicht weniger als 61 Gruppen einordnet und uns damit einen Begriff von der aufserordentlichen Mannigfaltigkeit in dem mineralogischen Aufbau der Meteormassen giebt. Bekanntlich sind die Meteoriten zunächst in zwei Hauptgruppen zu sondern, nämlich die eigentlichen Meteorsteine, bei denen die Silikate das Übergewicht über die metallischen Bestandteile besitzen, und die Eisenmeteorite, bei denen das umgekehrte der Fall ist. Die Steinmeteoriten wieder zerfallen in Achondrite, d. h. Steine ohne runde, in eine tuffähnliche Masse eingebettete Körner (Chondren), und Chondrite, die durch zeitliche Vorkommen der eigenartigen Chondren charakterisiert sind und im wesentlichen aus Bronzit, Olivin und Nickeleisen bestehen. Brezina unterscheidet unter den Achondriten noch wieder

*) Band X No. 3—4.

11, unter den Chondriten aber sogar 25 Untergruppen, auf deren charakteristische Unterschiede hier indessen nicht wohl eingegangen werden kann. Einen Übergang von den Steinmeteoriten zu den Eisenmeteoren bilden die von Brezina noch den ersteren angegliederten Siderolithe, bei denen innerhalb der Steinmasse sich schon zusammenhängendes Eisen befindet, das in der Schnittfläche in getrennten Körnern erscheint. Unter den eigentlichen Eisenmeteoriten werden wieder vier Hauptsorten unterschieden, nämlich Lithosiderite, Oktaedrite, Hexaedrite und Ataxite. Die Lithosiderite (mit 3 Untergruppen, deren eine nach dem berühmten, hierher gehörigen Pallaseisen als die der Pallasite bezeichnet ist) bilden wieder, wie der Name andeutet, Verbindungsglieder mit der ersten Ordnung, indem hier körnige oder krystallinische Silikate in einem auch auf Schnittflächen zusammenhängend erscheinenden Eisennetzwerk eingeschlossen sind. Die Oktaedrite (mit 10 Untergruppen) zeigen einen krystallinischen Aufbau nach den Oktaederflächen und lassen bei der Ätzung von polierten Schnittflächen die bekannten Widmannstättenschen Figuren erkennen. Die Hexaedrite (mit 4 Untergruppen) zeigen eine Struktur und Spaltbarkeit nach den Würfelflächen. Bei der Ätzung treten hier eigenartig verlaufende Zeichnungen hervor, welche man zum Unterschied von den Widmannstättenschen Figuren als Neumannsche Linien bezeichnet, und die das Vorhandensein von nach einer Oktaederfläche gebildeten Zwillingswürfeln verraten. Zu den Hexaedriten gehört auch der bekannte, 1847 zu Braunau in Böhmen gefallene Meteorit. Als Ataxite (mit 5 Untergruppen) bezeichnet Brezina endlich dichte Eisenstücke, die eine durchlaufende Struktur nicht erkennen lassen. Ein gewaltiges, hierher gehöriges Stück von eigenartiger Form ist der wegen seiner fast einem Serviettenband gleichenden Gestalt Tucson-Ainsa-Ring benannte Siderit, der auch als Signeteisen oder Santa Rita bezeichnet wird. Dieses ziemlich strukturlose Eisenstück wiegt nicht weniger als 635 kg und soll zusammen mit einem 287 kg wiegenden und zahllosen kleineren Stücken um 1660 in der Sierra de la Madera gefallen sein, von wo es 1860 durch die drei Brüder Ainsa nach Washington gebracht wurde.

F. Kbr.



Die Zukunft des Niagaras. Zu überraschenden Resultaten sind die amerikanischen Geologen J. W. Spencer und G. K. Gilbert gelangt. Dieselben machten davon der Gesellschaft zur Förderung der Naturwissenschaften bei ihrer letzten Sitzung in Detroit im

August 1897 Mitteilung. Die Erdoberfläche ist in der Gegend der kanadischen Seen im Sinken begriffen mit der Geschwindigkeit von einem Meter in 400 Jahren. Dagegen findet im Norden und Osten ein rascheres Ansteigen statt, welches sich in einer Entfernung von 1600 km auf ein halbes Meter in 400 Jahren beläuft. Das Endergebnis wird sein, dafs in einigen Jahrhunderten Chicago und Detroit überschwemmt sein werden, in 1000 Jahren das Wasser aus dem Michigansee frei in den Mississippi fliefsen, in 3000 Jahren der Niagarafall trocken sein und der St. Lorenzstrom nur das Bassin des Ontariosees entwässern wird. Sm.



Die gröfsten Meerestiefen. Bisher nahm man an, dafs die gröfste Meerestiefe 8515 m betrage. Diese Tiefe ist im Jahre 1874 von dem amerikanischen Schiff „Tuscarora“ 200 km südöstlich von der Kurileninsel Urup unter 44° 55′ nördlicher Breite und 152° 26′ östlichen Länge gemessen worden. Das englische Kriegsschiff „Pinguin“ hat nun zwischen den Gesellschafts- und Kermandek-Inseln drei grofse Tiefen von über 9000 m gelothet. Sie liegen unter:

Südl. Breite	Westl. Länge	Tiefe
23° 39′	175° 4′	9184 m
28° 44′	176° 4′	9413 m
30° 28′	166° 39′	9427 m

Beachtenswert ist, dafs diese Orte durch Strecken von weit geringerer Tiefe getrennt sind. Sie bestätigen die Regel, dafs die tiefsten Punkte des Meeres nicht auf offenem Ozean, sondern in der Nähe des Landes angetroffen werden.



Ein gewaltiger Meteorit. Lieutenant Peary entdeckte vor zwei Jahren in Grönland einen Meteorstein, der 40 Tonnen wiegt, und also der gewaltigste ist, der jemals gefunden wurde. Die Akademie der Wissenschaften zu Philadelphia hatte eine Expedition ausgerüstet, welche unter Leitung des Entdeckers versuchen sollte, den Stein nach Amerika zu schaffen. Gegenwärtig ist derselbe mit dem Schiff „Hoffnung“ in New-York angelangt. Wenn man die Preise zu Grunde legt, welche für Bruchstücke eines kürzlich in Belgien gefallenen Meteorsteines (13. April 1896) bezahlt worden sind, so repräsentiert der Wert des Meteoriten ein Kapital von nicht weniger als 60 Millionen Franc, und dürften somit die Überführungskosten sehr schnell gedeckt werden.

Neue Ballonfahrt zum Nordpol. Auch der französische Luftschiffer Godard geht mit dem Gedanken um, mittelst Ballon den Nordpol zu erreichen; zugleich mit dem Luftschiffer Surcouf will er im Sommer 1898 von Spitzbergen aus die Fahrt unternehmen. Der Ballon, der bei einem Umfang von 86 m 10 000 cbm reines Wasserstoffgas enthalten soll, wird von 12 kleinen Ballons umgeben sein, die als Gasometer dienen, um etwaige Verluste zu decken. Godard glaubt, dafs sein mit 12 000 kg belastetes Fahrzeug sich 60 Tage lang in der Luft schwebend erhalten wird. In den vier gedeckten Räumen der Gondel sollen neben Godard und Surcouf noch zwei andere Luftschiffer, ein Chemiker, ein Meteorologe und endlich ein Arzt, also im ganzen sieben Personen Platz finden, daneben soll der Ballon an Lebensmitteln und Apparaten noch 7450 kg tragen können. Godard berechnet, dafs er bei einer Fahrgeschwindigkeit von vier Metern in der Sekunde während der 60 Tage einen Weg von 21 600 km zurücklegen kann.



Wie hoch können die Vögel fliegen? Hierüber giebt Robert H. West in der Zeitschrift „Prometheus" interessante Mitteilungen. Als er am 7. Oktober 1895 in Beirut die Bedeckung der Plejaden durch den Mond beobachtete, bemerkte er zahlreiche Zugvögel, die vor der Mondscheibe vorbei flogen. Sie brauchten je nach ihrer Gröfse und Abstand zwischen 4 bis 8 Sekunden, um die Mondscheibe zu durchkreuzen. Hieraus hat nun West die Flughöhe zu berechnen versucht und ist dabei zu Höhen von 8000 bis 15 000 m gelangt. Die Schätzung dürfte kaum übertrieben sein, denn Newton berechnet in seinem Vogellexikon noch weit gröfsere Flughöhen für Wandervögel.



Flaschenposten. In den letzten zwei Jahren sind an den Küsten des australischen Festlandes nicht weniger als 154 Flaschenposten aufgefangen worden, deren Wanderungen der Astronom Russel näher untersucht hat, indem er den Punkt auf der Karte, an welchem die Post aufgesammelt, mit dem, an welchem sie ins Meer geworfen wurde, durch die kürzeste Linie über das Meer verband. Obwohl die sogenannte ostaustralische Meeresströmung von Norden nach Süden läuft, sind merkwürdigerweise an der Ostküste Australiens von 15 daselbst gefundenen Flaschenposten nur 3 von Norden her ge-

kommen; dagegen 8 von Süden, der Strömung entgegen, und die übrigen 4 von Osten. Auf der Oberfläche des Meeres treibende Gegenstände scheinen hiernach also mehr von der herrschenden Windrichtung als von der Richtung der ozeanischen Strömungen beeinflufst zu werden. Drei Flaschen hatten eine sehr lange Reise hinter sich; sie waren bei Kap Horn ins Meer geworfen und hatten gemeinsam den Weg nach Australien genommen. Die eine strandete an der Westküste dieses Erdteils, die beiden anderen an der Küste von Victoria; letztere hatten ihre 9000 Seemeilen lange Wanderung mit einer mittleren Geschwindigkeit von acht bis zehn Seemeilen per Tag zurückgelegt.



Wärmeperiode in Aussicht! Prof. E. Brückner in Bern hat bekanntlich sehr eingehend die Frage untersucht, in wie weit das heutige Klima konstant ist. In dem Zeitraum vom Jahre 1000 an konnte dieser Forscher nicht weniger als 25 vieljährige Temperaturschwankungen nachweisen, die uns alternierende Wärme- und Kälteperioden brachten, welche auch mit gewissen Schwankungen im Verkehrsleben der Menschen verbunden waren. Maurer hat kürzlich in der „Metereologischen Zeitschrift" diesen Gegenstand wieder aufgenommen und aus bis zum Jahre 1720 zurückreichenden Berliner Temperaturbeobachtungen den Schlufs gezogen, dafs warme Sommer von milden Wintern begleitet sind, kühle Sommer dagegen von strengen Wintern. Er macht es wahrscheinlich, dafs mit Anfang des neuen Jahrhunderts sich wiederum eine Wärmeperiode einstellen wird, die neben sehr milden Wintern auch eine Reihe sehr warmer Sommer bedingt.



Verzeichnis der der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Annales de l'observatoire magnétique et méteorologique de l'université impériale à Odessa par A. Klassowsky, 1896, Odessa.

August, C., Die Welt und ihre Umgebung. Berlin-Zehlendorf, Paul Hillmann, 1897.

Bley, Fr., Botanisches Bilderbuch für Jung und Alt. I. Teil. Gust. Schmidt (Rob. Oppenheim), Berlin.

Das schweizerische Dreiecknetz, Band III. Relative Schwerebestimmungen. I. Teil, bearbeitet von Dr. B. Messerschmitt. Zürich, Fäsl & Beer, 1897.

David, L., Die Moment-Photographie. Mit 122 in den Text gedruckten Abbildungen (Encyklopädie der Photographie, Heft 29). Halle a. S., Wilh. Knapp, 1898.

Engel, Th., Die wichtigsten Gesteinsarten der Erde nebst vorausgeschickter Einführung in die Geologie. Ravensburg, Otto Maier.

Faye, H., Nouvelle étude sur les tempêtes, Cyclones, Trombes ou Tornados. Paris, Gauthier-Villars et fils. 1897.

Fortschritte der Physik im Jahre 1896. Dargestellt von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 52. Jahrgang, I. Abteilung: Börnstein, Physik der Materie. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1897.

Fritsche, H., Über die Bestimmung des Coefficienten der Gaufsschen allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus für das Jahr 1895 und über den Zusammenhang der drei erdmagnetischen Elemente untereinander. St. Petersburg, 1897.

Günther, Siegm., Handbuch der Geophysik. 2 Bände. Zweite gänzl. umgearbeitete Aufl. I. Band. Stuttgart, Ferd. Enke, 1897.

Gyldén, H., Hilfstafeln zur Berechnung der Hauptungleichheiten in den absoluten Bewegungstheorien der kleinen Planeten. Unter Mitwirkung von Dr. Oppenheim. Publ. d. Astronomischen Gesellschaft XXI. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1896.

Hübners, O., Geographisch-statistische Tabellen für 1897, herausgegeben von Prof. Dr. Fr. v. Juraschek. Frankfurt a. M., Heinr. Keller, 1897.

Jäger, G., Die Lösung der Mondfrage. Mit einer Tafel. Stuttgart, Kohlhammer, 1897.

Jaeger, O., Grundzüge der Geschichte der Naturwissenschaften. Stuttgart, Neff Verlag, 1897.

Jahrbücher der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. Officielle Publikation. 1894. 1895. 1896. Neue Folge XXXI., XXXII. und XXXIII. Band. I. Teil. Wien, Wilh. Braumüller, 1896.

Kämpfer, Th., Das Wesen der Naturkräfte in neuer Auffassung. Ein Weg zur Beantwortung der Frage nach den Gestalten der Atome und die Beschreibung der Gestalten einiger Atome. Mit zwei Figurentafeln. Barmen, 1897.

Klimpert, R., Kein Gewitter mehr! oder Wie man sich mit einfachen Mitteln vor allen Blitz- und Gewitterschäden schützen kann. Eine meteorologische Studie (Sonderabdruck). Magdeburg, A. & R. Faber, 1891.

Liebrecht, L., Auge und Ohr als Vermittler des Weltbildes und in ihren Beziehungen zum Schulleben. Elberfeld, Sam. Luças, 1897.

v. Loeffelholz von Colberg, Die Drehungen der Erdkruste in geologischen Zeiträumen. Ein neuer geologisch-astronomischer Lehrsatz. Zweite gänzl. umgearbeitete und vermehrte Aufl. München, Jos. A. Finsterlin Nachf., 1895.

Marcuse, A., Beiträge zur nautischen Astronomie (Sonderabdruck aus „Marine-Rundschau" 8. Heft 1897).

Marcuse, A., Bericht über die Wahl der Stationen für den internationalen Polhöhendienst (Separatabdruck). Neuchâtel, Imprimerie Attinger frères, 1897.

Marcuse, A., Photographische Bestimmungen der Polhöhe. Berlin, Ferd. Dümmler's Verlag, 1897.

Marschall, W., Die Deutschen Meere und ihre Bewohner, zugleich Vademekum für Besucher deutscher Seebäder. Leipzig, A. Twietmeyer, 1897.

Mitteilungen der Hamburger Sternwarte No. 3. 4. Beiheft zum Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten XIV., 1896. Hamburg, Gräfe & Sillem, 1897.

Monthly Weather Review. April 1897. Prof. Cleveland Abbe, Editor. Prepared under the Direction of Willis L. Moore. Washington Weather Bureau, 1897.

Müller, G., Die Photometrie der Gestirne. Mit 81 Figuren im Text. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1897.

Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik und Meteorologie. Neunte umgearbeitete und vermehrte Auflage von Dr. L. Pfaundler, unter Mitwirkung des Dr. O. Lummer. In 3 Bänden. Mit gegen 2000 Holzstichen, Tafeln zum Teil in Farbendruck. II. Band, I. Abteilung. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1897.

Naccari, G., Astronomia Nautica. Milano, Ulrico Hoepli, 1898.

Naumann's Naturgeschichte der Vögel Deutschlands und des angrenzenden Mittel-Europas. Herausgegeben von R. Hennicke in Gera, Eugen Köhler, Band II.

Newcomb, S., A new determination of the Precessional Motion. (Reprinted from Astronom. Journal No. 405.)

Ortt, F. L., Der Einflufs des Windes und des Luftdruckes auf die Gezeiten (Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie, Mai 1897).

Pannekoek, Ant., Untersuchungen über den Lichtwechsel von β Lyrae. Amsterdam, Joh. Müller, 1897.

Parzer-Mühlbacher, A., Photographische Aufnahmen und Projektion mit Röntgenstrahlen. Berlin, Gust. Schmidt.

Rapport annuel sur l'état de l'observatoire de Paris pour l'année 1896.

Rosenthal, I., Über Röntgenstrahlen (Vortrag gehalten vor d. 69. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Braunschweig) [Sonderabdruck]. München, 1897.

Scheiner, I., Die Photographie der Gestirne. Mit 1 Tafel in Heliogravüre und 52 Fig. im Text. Nebst einem Atlas von 11 Tafeln in Heliogravüre mit textlichen Erläuterungen. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1897.

Sergi, G., Ursprung und Verbreitung des mittelländischen Stammes. Mit 30 Abbildungen im Texte, zwei Karten und einem Anhang: Die Arier in Italien. Autorisierte Übersetzung von Dr. A. Byhan. Leipzig, Wilh. Friedrich.

Ule, W., Lehrbuch der Erdkunde. I. Teil. Mit 2 farbigen und 65 Schwarzdruckabbildungen. Leipzig, G. Freitag, 1897.

Untersuchungen über die Gröfse und Helligkeit der Kometen und ihrer Schweife. I. Die Kometen bis zum Jahre 1760 von Dr. Joh. Holetschek. Wien, k. k. Hof- und Staatsdruckerei, 1896.

Violle, I., Lehrbuch der Physik. Deutsche Ausgabe von E. Gumlich, W. Jaeger, Lt. Lindeck. II. Teil: Akustik und Optik. II. Band Geometrische Optik. Mit 270 in den Text gedruckten Figuren. Berlin, Jul. Springer, 1897.

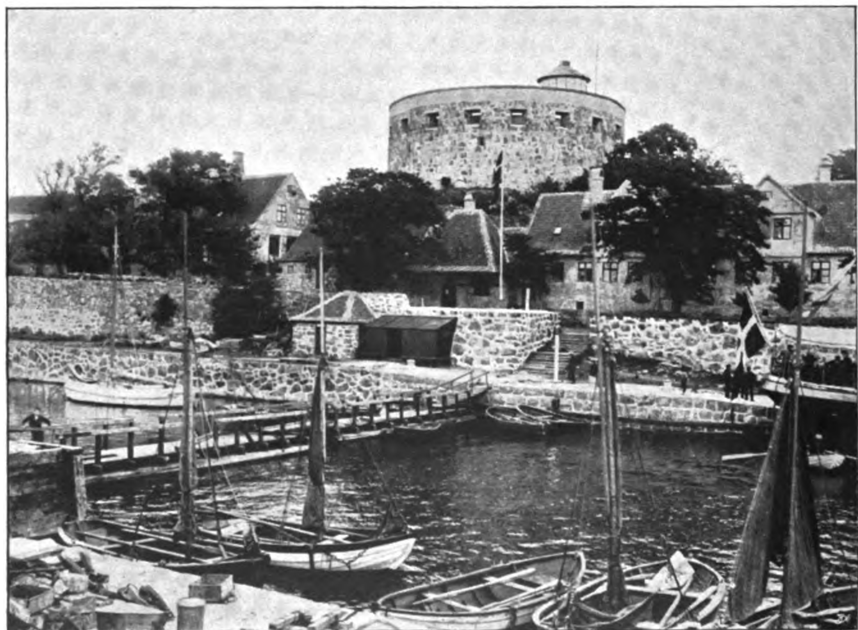
Weinek, Prof., Über das feinere selenographische Detail der focalen Mondphotographie der Mt. Hamiltoner und Pariser Sternwarte. Prag, Juni 1897

Zehnder, L., Die Mechanik des Weltalls. Freiburg i. B. I. C. B. Mohr, 1897

Verlag: Hermann Paetel in Berlin — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin - Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Nordwestküste von Bornholm mit der Ruine Hammershus.



Christiansöe mit dem Festungsturm.



Wesen und Bedeutung der „Graphischen Künste" für den Illustrations- und Karten-Druck.

Nach einem Vortrage, gehalten bei der öffentlichen Preis-Verteilung in der Aula der Herzoglichen Technischen Hochschule zu Braunschweig.

Von **Professor Dr. C. Koppe.**

Wie die Erfindung des Lettern-Druckes, d. h. der Buchdruckerkunst, es ermöglichte, das geschriebene Wort tausendfach zu vervielfältigen und damit seinen geistigen Inhalt zum Allgemeingut der Menschheit zu machen, so dienen die graphischen Reproduktions-Methoden durch den Druck in analoger Weise der Verallgemeinerung der menschlichen Vorstellungen und Anschauungen, der zeichnerischen und bildnerischen Werke von Kunst und Wissenschaft, Technik und Industrie. Während aber, abgesehen von der Vielgestaltigkeit der Schriftarten, der Typendruck im allgemeinen mit grofser Gleichförmigkeit sich vollzieht, bieten die graphischen Druckverfahren eine ungemeine Mannigfaltigkeit und Reichhaltigkeit, und zwar in solchem Grade, dafs es kaum einen Reproduktionstechniker von Fach geben dürfte, der alle diese Methoden beherrscht, zumal mancherlei Einzelheiten derselben Geheimnis des betreffenden Erfinders sind, und unaufhaltsam an der Verbesserung und Weiterbildung aller Reproduktionsarten gearbeitet wird.

Bei dieser grofsen Reichhaltigkeit der Methoden wird es, um einen Überblick über dieselben zu gewinnen, vor allem darauf ankommen, nur das Charakteristische hervorzuheben, Einzelheiten aber selbst dann fortzulassen, wenn sie bei der praktischen Ausführung nicht entbehrt werden können. Es mufs hierauf ausdrücklich hingewiesen werden, da die Vorführung des Details hier nur verwirren

würde, weil es zu reichhaltig ist und daher in das Spezial-Studium gehört.

Zur Erleichterung der Übersicht kann man zunächst drei grofse Gruppen unterscheiden nach der Art und Beschaffenheit der Druckplatten selbst, und zwar je nachdem diejenigen Teile derselben, welche der zu reproduzierenden Zeichnung etc. entsprechen, unter, über oder nahe in ihrer Oberfläche liegen, den Tiefdruck, den Hochdruck und den Flachdruck. Diese drei Gebiete sind nicht scharf von einander getrennt, insofern beim Flachdruck leicht vertiefte und schwach erhabene Druckplatten vorkommen, aber die Unterscheidung von drei Druckmethoden erscheint weiter auch dadurch gerechtfertigt, dafs Tiefdruckplatten fast ausschliefslich auf der Handpresse gedruckt werden müssen, während Flachdruckplatten auf mechanischem Wege auf der lithographischen Schnellpresse, Hochdruckplatten hingegen auf der Buchdruckerpresse gedruckt werden. Welchen Unterschied dies bedingt, geht daraus hervor, dafs die Anzahl der in einer Stunde herstellbaren Tiefdrucke nur wenige Exemplare beträgt, dafs die lithographische Schnellpresse in derselben Zeit mehrere Hundert, die Buchdruckerpresse aber viele tausend Abdrücke liefert. Die Schnelligkeit der Drucklegung ist somit beim Hochdruck mehr als tausendmal gröfser als beim Tiefdruck, während der Flachdruck auch in dieser Hinsicht zwischen den beiden anderen Vervielfältigungsmethoden steht.

Am grofsartigsten in Bezug auf Schnelligkeit der Vervielfältigung ist der Druck von Tageszeitungen. Der Besitzer des Berliner Lokalanzeigers hatte auf der letzten dortigen Gewerbe-Ausstellung drei Schnellpressen ausgestellt, welche den Druck der täglichen Auflage von circa 100 000 Exemplaren in einigen Stunden bewerkstelligten. Weit gewaltiger aber noch sind die Leistungen in Amerika. Dort wird z. B. der „Herald“ in einer Auflage von 350 000 Exemplaren auf einer Presse gedruckt, welche stündlich gegen 50 000 vollständige Nummern des vielseitigen Formates zu liefern im stande ist.

Es liegt zunächst die Frage nahe: woher dieser grofse Unterschied in der Schnelligkeit der Drucklegung, namentlich zwischen Tiefdruck- und Hochdruck-Verfahren? Die Antwort lautet: Das Einreiben der Druckplatten mit Farbe mufs beim Tiefdruck derart geschehen, dafs die Farbe nur die Vertiefungen ausfüllt, während die Plattenoberfläche ganz rein und frei von Farbe bleibt. Da diese aber naturgemäfs beim Einreiben mit der Farbe in Berührung kommt, so mufs sie vor jedem Abdrucke durch Abwischen sorgfältig wieder gereinigt werden, ohne dafs die Farbe aus den Vertiefungen zugleich

wieder entfernt wird. Das kann mit hinreichender Sorgfalt nur langsam und von Hand ausgeführt werden. Beim Hochdruck hingegen liegen alle der Zeichnung entsprechenden Plattenteile hinreichend hoch über der Grundfläche derselben in ein- und derselben Ebene. Beim Einwalzen mit der Druckfarbe kommt die Farbe mit den tiefer gelegenen Plattenteilen gar nicht in Berührung. Diese bleiben daher ganz frei von Farbe, welche sich ihrerseits leicht und gleichmäfsig auf die eigentliche Druckfläche legt und ebenso leicht sich beim Druck auf das Papier überträgt. Die ganze Operation des Einwalzens mit Farbe und des Abdruckens kann daher maschinell in rascher Aufeinanderfolge ausgeführt werden Beim Flachdruck kommt die Farbwalze zwar ebenfalls mit der ganzen Oberfläche der Druckplatte in Berührung, dort kann und mufs aber derjenige Teil der Plattenoberfläche, welcher keine Zeichnung enthält, durch Abwaschen mit angesäuertem Gummiwasser stets so feucht gehalten werden, dafs er bei Berührung mit der Farbwalze keine Farbe annimmt, sondern sie „abstöfst“, d. h. rein bleibt. Die Zeichnung selbst hingegen wird angefettet, sodafs sie die Farbe der über sie geführten Farbwalze annimmt. Das Einfetten geschieht bei der vertieften Steinzeichnung durch Einreiben derselben mit Leinöl, bei der Zeichnung auf dem Stein durch Benutzung fettreicher Farbe. Daher kann der Steindruck wohl auf maschinellem Wege, aber nicht mit der Schnelligkeit des Buchdruckes ausgeführt werden.

Einen weiteren charakteristischen Unterschied zeigt der Tiefdruck gegenüber dem Hoch- und Flachdrucke beim Abdrucken der Farbe weil die Vertiefungen von ungleicher Tiefe genommen werden können. Es wird dann auch die sie ausfüllende Farbe verschiedene Dicke haben und beim Abdrucken in ungleicher Stärke auf das Papier übertragen werden. Letzteres wird bei Lasurfarben mehr oder weniger durchscheinen, sodafs hellere und dunklere „Töne“ je nach der Dicke der aufgetragenen Farbe entstehen. Durch ungleich tiefe Ätzung der Platte an verschiedenen Stellen derselben lassen sich daher Abstufungen von hell und dunkel, d. h. Halbtöne hervorbringen, und daher auch Halbtonbilder, wie Gemälde, abtuschierte Zeichnungen, photographische Aufnahmen etc. in Kupfertiefdruck reproduzieren, namentlich wenn man die Platte „körnt“, d. h. rauh macht, damit die Farbe besser und gleichmäfsiger haftet.

Beim Hochdruck- und Flachdruck-Verfahren hingegen liegt die Farbe auf den der Zeichnung entsprechenden Teilen der Druckplatte überall in gleicher Dicke auf. Nach diesem Verfahren kann man daher

direkt nur gleichmäfsig gefärbte Flächen oder Linien drucken. Sollen Halbtöne erzeugt werden, so mufs die geschlossene und gleichmäfsig gefärbte Fläche körnig oder netzförmig etc. zerlegt werden durch Hervorbringen von Punkt- oder Liniensystemen, derart, dafs, wenn hellere Töne entstehen sollen, die kleinen, weifsen Zwischenräume überwiegen, während bei dunklen Tönen die schwarzen Punkte oder Liniennetze überwiegen. Dabei müssen naturgemäfs die kleinen Punkte und Linien so nahe benachbart sein, dafs die von ihnen bedeckte Fläche einen geschlossenen Ton erhält. Sind sie zu grob, so erscheint auch das Bild unfein und roh, sind sie aber zu fein, so verschwimmen sie in einander, und das Bild wird flau. Diese Zerlegung der Halbtöne in ein druckbares Korn spielt bei den Reproduktionsmethoden eine hervorragende Rolle. Es kann von Hand oder auf photographischem Wege in mannigfacher Weise und in mehr oder weniger vollkommener Art erzielt werden, wie wir weiter unten näher darlegen werden.

Tiefdruckverfahren.

Betrachten wir zunächst etwas näher das Tiefdruckverfahren. Nimmt man eine ebene und blank polierte Kupferplatte, gräbt mit dem Grabstichel in dieselbe das Spiegelbild einer Zeichnung, z. B. eines Namenszuges und reibt dann die Platte mit einer Druckfarbe ein, so dringt die Farbe in die mit dem Stichel eingegrabenen Vertiefungen ein und füllt sie aus. Legt man dann auf die Platte, nachdem man ihre glatte und blanke Oberfläche sorgfältig von Farbe gereinigt hat, ein angefeuchtetes Papierblatt und prefst dasselbe durch Walzendruck stark gegen die Kupferplatte, so dringt das feuchte Papier zum Teil in die mit Farbe angefüllten Vertiefungen, wobei sich die Farbe auf dasselbe überträgt. Hebt man das Blatt dann sorgfältig ab, so trägt es einen Abdruck des eingegrabenen Namenszuges, und zwar in Sauberkeit und Feinheit ganz entsprechend der Ausführung des Stiches. Die gleiche Operation, Einreiben der Platte mit Farbe und Abdrucken des Stiches auf Papier, kann man mehrere tausendmal wiederholen, bevor die Platte abgenutzt und unbrauchbar wird, zumal wenn man sie galvanoplastisch mit einer dünnen Eisenhaut überzieht, d. h. sie verstählt, wodurch sie bedeutend widerstandsfähiger wird. Diese Verstählung läfst sich unschwer erneuern, wenn sie durch häufigen Gebrauch der Platte gelitten hat; auch kann man die ganze Druckplatte galvanoplastisch in Kupfer abformen. Man erhält dann zunächst eine Platte, auf welcher die Zeichnung reliefartig

erhaben steht. Von dieser „Depotplatte“ kann man dann aber auf demselben galvanoplastischen Wege weiter so viel vertiefte Druckplatten herstellen, wie man will, sodafs die Vervielfältigung eines Kupferstiches an keine Grenze gebunden ist.

Je nach der Art und Weise, wie die Vertiefungen in der Kupferplatte hervorgebracht werden, unterscheidet man verschiedene Arten des Kupferdruckes. Beim Kupferstich wird vornehmlich mit dem Grabstichel in das Kupfer hineingegraben, bei der Radierung mit der Nadel (kalte Nadel) die Kupferoberfläche geritzt, bei der Kupfer-Ätzung aber wird die mit einer schützenden Harz- oder Wachsschicht bedeckte Platte mit der Nadel an den zu ätzenden Stellen freigelegt, und werden diese dann durch die folgende Ätzung entsprechend vertieft. Bei der Schabkunst wird die Oberfläche der Kupferplatte durch Überführen eines Stahlrädchens mit geriffeltem Rande, „Roulette“ oder „Wiege“ genannt etc., zunächst rauh gemacht, d. h. mit unzähligen kleinen Vertiefungen versehen. Würde man die Platte in solchem Zustande mit Druckfarbe einreiben und abdrucken, so würde man einen mehr oder weniger gleichmäfsig grauen oder dunklen Abdruck erhalten, je nach dem Grade der Rauigkeit, d. h. je nach der Gröfse und Anzahl der mit dem Roulette hervorgebrachten Vertiefungen. Hiermit ist die Möglichkeit gegeben, auf einfache Weise, nämlich durch mehr oder weniger starke „Rauhung“ bezw. „Körnung“ der Platte, Übergänge von hell zu dunkel, sogenannte „Halbtöne“, zu erzielen. Bei der Schabkunst wird hierzu die gerauhte Platte mit dem Schaber wieder teilweise geglättet. Diese glatten Stellen nehmen beim Einreiben mit Farbe diese nicht, bezw. in geringerem Mafse an, geben daher beim Abdrucken helle Stellen, die „Lichter“.

Die Schabkunst giebt weichere Drucke wie der Stich, noch mehr die Aqua-tinta-Manier, bei welcher die Platte eingestaubt, durch Ätzung gerauht und dann mit der Nadel etc. weiter behandelt wird. Das Einstauben der glatten und blanken Platte geschieht mit sehr feinem Colophoniumpulver oder dergl. Man erwärmt sie nach dem Einstauben so weit, bis das Pulver schmilzt und nach dem Erkalten fest an der Platte haftet. Setzt man die Platte dann einer Ätzung, z. B. mit Eisenchloridlösung aus, so wird sie nur dort angegriffen, wo sie nicht von dem schützenden Harze bedeckt ist. Die Platte kann auf solchem Wege in analoger Weise gerauht oder gekörnt werden, wie bei Anwendung des Roulettes, der Wiege. Je nach der Feinheit des Staubes und der Dichte der Schicht wird die Körnung feiner oder gröber, geschlossener oder offener ausfallen, sodafs sich

auf solche Weise die zartesten Übergänge bis zu den tiefsten Schatten herstellen lassen.

Zur Unterscheidung zwischen der Wiedergabe von Strichzeichnungen und der Reproduktion von Halbtonbildern mit kontinuierlichen Übergängen von hell zu dunkel und umgekehrt sei noch folgendes bemerkt. Bei ersteren giebt die Reproduktion die einzelnen Striche genau so wieder, wie dieselben im Originale vorhanden sind. Kontinuierliche Übergänge hingegen von hell zu dunkel, oder wie man kürzer sagt, Halbtöne des Originales müssen für den „Stich“ zuvor „zerlegt“ werden. Will der Stecher Tonwirkungen hervorbringen, entsprechend den Übergängen der Malerei, der Photographie etc., so mufs er seine Striche oder Punkte so eng aneinanderreihen, dafs dieselben aus einiger Entfernung gesehen dem Auge nicht mehr einzeln sichtbar sind, sondern als geschlossener Ton erscheinen, heller oder dunkler, je nachdem die hellen Zwischenräume oder die dunklen Punkte mehr oder weniger überwiegen. Durch die Schabkunst wird sich die Tonwirkung im allgemeinen vollkommener und leichter erreichen lassen als durch den Stich, besser noch durch verschieden tiefe Ätzung auf gekörnter Platte. An den tiefer geätzten Stellen wird die Farbe entsprechend dicker aufliegen als an den weniger tiefen, und daher auch bei der Übertragung auf das Papier verschieden durchscheinend sein. Zur Tiefätzung werden meist vier verschieden starke Ätzflüssigkeiten benutzt und entsprechend vier getrennte Ätzungen mit jedesmaligem Abdecken der fertigen Partien vorgenommen. Die Übergänge werden mit dem Polierstahle nachgearbeitet, zu dunkle Stellen aufgehellt, kräftige Kontouren mit der Nadel nachgezogen. Auf solchem Wege lassen sich namentlich auch mit Zuhülfenahme der Photographie durch „Photogravüre“, wie wir weiter unten sehen werden, sehr vollkommene und zarte Übergänge in den Halbtönen erzielen.

Die Vielseitigkeit der Behandlung, welche die Kupferplatte zuläfst, in Verbindung mit ihrer leichten und unbeschränkten Korrekturfähigkeit, da jede Vertiefung sich durch Aufhämmern von der Rückseite etc. unschwer wieder beseitigen läfst, machen den Kupfertiefdruck zu der in künstlerischer Hinsicht vollkommensten Reproduktionsmethode.

Hochdruckverfahren.

Das Gegenstück zu den Tiefdruckplatten mit vertiefter Zeichnung bilden die Hochdruckplatten mit erhabener Bildform, analog den Typen und Lettern des Buchdrucks. In erster Linie ist hier der

Holzschnitt zu nennen, bei welchem aus einer ebenen und glatten Holzfläche mit Messer und Stichel die zu reproduzierende Zeichnung so herausgearbeitet und umschnitten wird, dafs sie erhaben auf vertieftem Grunde steht. Beim Einwalzen mit Druckfarbe werden nur die erhabenen Teile der Platte von ihr benetzt. Diese geben beim Abdrucken auf Papier leicht ihre Farbe ab, weshalb Hochdruckplatten unter leichtem Drucke auf relativ trockenes Papier abgedruckt werden können. Dies bedingt, wie wir gesehen haben, einen wesentlichen Unterschied gegenüber dem Tiefdruck in Bezug auf die Schnelligkeit der Vervielfältigung. Die Kupferdruckplatte mufs vor jedem Abdrucke von Hand mit Farbe eingerieben werden, und zwar sehr sorgfältig, so dafs die Farbe in alle Vertiefungen eindringt, während die flachen Teile frei und rein bleiben oder absichtlich einen schwachen Ton erhalten. Daher ist maschineller Betrieb beim Tiefdruck im allgemeinen ausgeschlossen[1]), und es lassen sich pro Stunde nur wenige Abdrücke fertigstellen. Ja, gröfsere Kunstblätter beanspruchen mehrere Stunden Arbeitszeit für Herstellung eines einzigen Abdruckes, woraus sich der oft sehr hohe Preis des Kupfertiefdrucks erklärt. Anders beim Hochdruck. Dieser kann in der Buchdruckerpresse mit dem Letterndrucke zugleich mechanisch erfolgen, weshalb er auch vorzugszugsweise zu Buch-Illustrationen benutzt wird.

Der ältere Holzschnitt, wie gegenwärtig z. B. noch der japanische, wurde in nicht sehr hartem Holze ausgeführt, weshalb derselbe auf offene Linien-Manier beschränkt war. Der neuere in hartem Hirnholze mit dem Grabstichel ausgeführte Holzstich erlaubt es, feine Linien und Punkte so nahe aneinander zu stellen, dafs beim Abdrucke mehr geschlossene Übergänge und Halbtöne erzielt werden. Dieser neuere „Tonstich“ liefert künstlerisch weit höher stehende Drucke, doch läfst sich dieselbe Feinheit der Körnung und damit die Zartheit der Übergänge von Licht und Schatten in den Halbtönen, wie beim Kupfertiefdruck, bei ihm nicht erreichen.

Beim Holzschnitte ist es die Hand des Xylographen, welche durch entsprechende Kombination von feinen Strichen und Punkten künstlerisch wirkende, mehr oder weniger geschlossene Halbtöne erzielen kann. Gröfsere Flächen von gleicher Abtönung werden mit der Maschine bearbeitet. Beim Abdrucke der Reproduktionen unmittelbar vom Holze des Holzschnittes oder Holzstiches würden die Feinheiten durch Abnutzen des Holzes bald verloren gehen. Man

[1]) Versuche mit Schnellpressen für Kupferdruck sind bisher ohne durchgreifenden Erfolg geblieben.

fertigt daher auf galvanoplastischem Wege Kupferclichés an und verstählt dieselben, um ihnen eine genügende Haltbarkeit zu geben.

Anstatt des Holzschnittes und vielfach als Ersatz desselben wird die Hochätzung in Metall, namentlich in Zink, benutzt.

Macht man auf eine ebene Zinkplatte eine Zeichnung mit fetter Farbe und taucht die Platte dann in verdünnte Säure, so werden die von der Farbe bedeckten und von ihr geschützten Stellen von der Säure nicht angegriffen, während die frei gebliebenen Teile ihrer Oberfläche geätzt und dadurch vertieft werden. Durch wiederholtes Ätzen mit jedesmaligem vorherigen Abdecken der Zeichnung durch neues Einfärben bezw. Fetten, um die von ihr bedeckten Plattenteile thunlichst vor der Ätze zu schützen, lassen sich kräftig erhabene Hochdruckplatten erzielen, welche ebenso wie die Holzschnitte in der Buchdruckerpresse gleichzeitig mit den Lettern abgedruckt werden können.

Diese Zinkhochätzung eignet sich direkt nur zur Reproduktion von Zeichnungen in Strichmanier, z. B. zur Reproduktion von Holzschnitten alter Meister wie Dürer etc. Zur Reproduktion von Halbtonbildern mufs den Halbtönen derselben zuvor durch Zerlegen in Punktsysteme ein druckbares Korn gegeben werden. Wie diese Zerlegung bei direkter Zeichnung auf gekörnten Flächen von Hand oder bei der photographischen Abbildung durch Einschalten von Rasterplatten erzielt werden kann, wird später näher zu erörtern sein.

Das Flachdruckverfahren.

Zwischen Tief- und Hochdruck steht der Flachdruck, bei welchem die Zeichnung in oder wenigstens sehr nahe in der Oberfläche der Druckplatte liegt. Er wird in erster Linie repräsentiert durch den Steindruck, die Lithographie.

Beim Steinstich wird die Zeichnung in die Oberfläche des Steines fein hineingeritzt und so eine schwach vertiefte Druckplatte erzeugt, welche dem Kupferstich ähnliche, feine Drucke ermöglicht, wie solches z. B. an holländischen Kartenwerken hervortritt.

Bringt man hingegen die zu reproduzierende Zeichnung als Feder- oder Kreide-Zeichnung mit chemischer Tusche oder Kreide auf den Stein, so verbinden sich die Fettsäuren etc. der chemischen Tusche mit dem kohlensauren Kalke etc. des Steines und verändern die Oberfläche des Steines an allen Stellen der Zeichnung der Art, dafs beim Einwalzen mit Druckfarbe diese nur dort haftet, während die übrige Fläche des Steines von Farbe frei bleibt und dieselbe beim

Einwalzen „abstöfst“. Diese letztere Eigenschaft des Lithographie-Steines wird noch gefördert durch Befeuchten desselben mit einer angesäuerten Gummilösung, wodurch die nicht mit Tusche bedeckten Teile von Fett gereinigt und zugleich feucht gehalten werden, damit sie beim Einwalzen der ganzen Oberfläche mit der Farbwalze keine Farbe annehmen. Das Einwalzen mit Farbe und das Drucken kann somit bei der Lithographie ebenfalls mechanisch geschehen, doch steht die Schnelligkeit der Drucklegung durch die lithographische Schnellpresse derjenigen der Buchdruckpressen bedeutend nach. Lithographien können aus vorgenannten Gründen nicht wie Holzschnitte und Zinkographien auf der Buchdruckerpresse gedruckt werden und lassen sich daher auch nicht mit dem Letterndrucke unmittelbar vereinigen. Als Illustration müssen sie wie die Tiefdruckplatten gesondert vom Text abgedruckt werden.

Anstatt direkt und daher in verkehrter Form auf den Stein mit der lithographischen Tusche zu zeichnen, kann man Schrift oder Zeichnung auch zunächst mit autographischer Tinte in richtiger Form auf Papier ausführen und dann auf den Stein durch Abdrucken auf denselben, „Abklatschen“, übertragen. Man erhält so ebenfalls eine verkehrte Zeichnung auf dem Stein, während die Original-Zeichnung in richtiger Gestalt angefertigt wird. Der Vorgang ist ganz ähnlich wie bei dem bekannten Hektographen. Zur Übertragung fertiger Zeichnungen anderer Druckwerke, z. B. eines Kupferstiches auf den Stein, bedient man sich eines besonderen Umdruckpapiers. Auf dieses wird mit „Umdruckfarbe“ ein sauberer Abdruck der Kupfertiefplatte gemacht und dieser dann auf den Stein „abgeklatscht“, um von ihm weiter durch Lithographie vervielfältigt zu werden. Er wird dann zwar nicht ganz so schön werden, wie beim direkten Kupferdruck, aber die Drucklegung kann nun mittelst der lithographischen Schnellpresse viel schneller und ausgiebiger erfolgen, wodurch die Kosten gröfserer Auflagen sehr verringert werden, auch an Zeit bedeutend gespart wird.

Von diesem Umdruckverfahren wird in der Praxis der graphischen Vervielfältigungsmethoden ein sehr ausgedehnter Gebrauch gemacht, auch bei Benutzung der photographisch mechanischen Druckmethoden.

Wie man einen Kupferstich durch Umdruck auf Stein überträgt, um die Vervielfältigung mit der lithographischen Schnellpresse vornehmen zu können, so kann man Tief- und Flachdrucke auch auf

Zinkplatten umdrucken und diese dann hochätzen für die Benutzung der Buchdruckerpresse. Umgekehrt kann man auch Hochdruckplatten auf Stein umdrucken, namentlich Schrift, wenn diese mit der Zeichnung auf Stein zugleich vervielfältigt werden soll. Bei lithographischen Kartenwerken wird vielfach Druckschrift benutzt. In solcher Weise sind die mannigfaltigsten Kombinationen der verschiedenen Druckmethoden möglich, wovon in der Praxis des Illustrations- und Kartendruckes, entsprechend den vielseitigen Anforderungen desselben, ein sehr ausgiebiger Gebrauch gemacht wird.

Benutzung der Photographie.

Die Zuhülfenahme der Photographie zu den sogenannten und kurz besprochenen „älteren" Druckverfahren hat nicht nur diese in mannigfacher Weise modifiziert, sondern auch ganz neue Methoden geschaffen, auf photomechanischem und phototechnischem Wege Druckplatten aller Art herzustellen.

Der photographische Prozefs an sich gestattet zunächst von jedem Gegenstande ein getreues Abbild auf Papier, Glas etc. durch „Kopieren" anzufertigen. Durch Zersetzung der lichtempfindlichen Silbersalze werden entsprechend der Intensität der Lichtwirkung beim Entwickeln der „Platten" weniger oder mehr Silberpartikelchen in regulinischer Form ausgeschieden, und es entsteht als Abbild das sogenannte „Negativ", in welchem die hellsten Teile des Originales am dunkelsten sind und umgekehrt. Durch den gleichen Vorgang beim „Kopieren" dieses Negatives erfolgt die Umkehr von hell und dunkel, so dafs die Kopien dem Originale wieder entsprechen. Das Korn der Photographie, d. h. die Gröfse der ausgeschiedenen Silberpartikelchen ist sehr gering; sie beträgt nur wenige hundertel oder tausendstel eines Millimeters, und da das Ausscheiden im allgemeinen entsprechend der Lichtwirkung erfolgt, so ist die Photographie im stande, die zartesten Übergänge von hell und dunkel, die feinsten Schattierungen und Halbtöne wiederzugeben.

Beim Holzschnitte sind die zur Hervorbringung der Halbtöne fein in das Holz vom Xylographen eingestochenen Punkt- und Linien-Kombinationen einzeln mit blofsem Auge zu unterscheiden. Feiner ist schon das Korn der Kreidezeichnungen auf Stein, doch genügt auch hier eine schwache Vergröfserung, um die Einzelheiten erkennen zu lassen. Die Körnung einer Metallplatte mit dem Roulette, sowie mittelst Einstaubens und Ätzung läfst sich feiner ausführen; sie

steht aber auch ihrerseits der direkten Photographie in dieser Hinsicht nach.[2])

Die graphische Vervielfältigung durch den gewöhnlichen photographischen Kopierprozefs ist im allgemeinen ein zu umständliches und zeitraubendes Verfahren, um eine schnelle und ausgiebige Drucklegung zu gestatten. Doch wird dieselbe in neuerer Zeit mit Erfolg auf mechanischem Wege in gröfserem Umfange von der „neuen photographischen Gesellschaft" in Berlin ausgeführt, welche auf der letzten dortigen Gewerbe- und Industrie-Ausstellung in einem besonderen Pavillon interessante Drucke verschiedener Gröfse auf ihrem „Kilometer-Papier" ausgestellt hatte. Ein von einer grofsen Rolle sich kontinuierlich abwickelnder Streifen lichtempfindlichen Papieres wird stückweise unter einem oder mehreren Negativen wenige Sekunden lang belichtet, durch maschinelle Vorrichtungen entwickelt und ausgewaschen, wodurch es möglich wird, in kurzer Zeit Hunderte von Exemplaren in ganz gleichmäfsiger Ausführung herzustellen, welche die guten Eigenschaften der direkten Photographien, vor allem auch ihr feines Korn besitzen. Dieses Verfahren wird wohl noch eine bedeutende Zukunft haben, es beginnt bereits den Portrait-Photographen mit Vervielfältigung von Bildern eine empfindliche Konkurrenz zu machen.

Die photographisch-mechanischen Druckverfahren, d. h. die Herstellung von Druckplatten auf photomechanischem oder photochemischem Wege sind mannigfaltiger Art und ihre Erzeugnisse von verschiedenem Charakter und ungleichem Werte. Nicht alle eignen sich z. B. dazu, Druckplatten zur Wiedergabe von Halbtönen in vollkommener Weise zu erzielen, und wie der Kupfertiefdruck in mancher Hinsicht dem Holzschnitte weit überlegen sich zeigte und umgekehrt, so sind auch die photomechanischen und photochemischen Reproduktionsmethoden teils mehr zur Wiedergabe von in Linien- und Strichmanier ausgeführten Zeichnungen und Bildern geeignet, teils gestatten dieselben die Wiedergabe von Halbtönen in mehr oder weniger vollkommener Weise. Naturgemäfs spielt auch hier wieder die Art der Platten und des Druckes, ob Tiefdruck, Hochdruck oder Flachdruck, eine wichtige Rolle.

[2]) Stärkere Vergröfserungen vertragen daher im allgemeinen nur Photographien, um so eher, je feiner ihr Korn ist, und je schärfer sie sind, während Vergröfserungen von gedruckten Originalen sehr bald unscharf und grob werden.

Der Tiefdruck.

Zur Herstellung von Druckplatten auf photomechanischem und photochemischem Wege dienen Substanzen wie Chromgelatine, d. h. mit Chromsalzen gemischter Leim oder lichtempfindlicher Asphalt etc., welche im Dunkeln zubereitet die Eigenschaft haben, in Flüssigkeiten löslich zu sein, die aber durch Belichtung diese Eigenschaft verlieren, so dafs sie nach der Belichtung unlöslich sind. Wenn man z. B. eine Platte mit einer Chromgelatineschicht im Dunkeln übergiefst und die getrocknete Schicht unter einem photographischen Glasnegative belichtet, so wird das durch die hellen Teile des Negatives, die den dunklen der Originalzeichnung entsprechen, dringende Licht die Chromgelatineschicht dort unlöslich machen, so dafs gleichsam ein Bild aus unlöslicher Gelatine entsteht, welches allein zurückbleibt, wenn man die Platte im warmen Wasser auswäscht. Es entsteht so ein Gelatine-Relief, in welchem die höchsten Stellen der intensivsten Lichtwirkung entsprechen. Ein solches Gelatine-Relief kann, nachdem es galvanisch leitend gemacht wurde, als Mutterplatte zur Herstellung von Kupfertiefdruckplatten auf galvanoplastischem Wege benutzt werden. Dies ist im wesentlichen das Prinzip der „Photogalvanographie" oder „Heliographie".

Führt man die Belichtung der auf gleiche Weise vorbereiteten Platte hingegen unter einer dunklen Zeichnung auf durchsichtigem Grunde aus, z. B. einem Diapositive, so wird die Chromgelatine in der Umgebung der Zeichnung unlöslich, während die durch die dunklen Striche der Zeichnung geschützten Stellen ihre Löslichkeit behalten. Wäscht man dieselben in warmem Wasser aus, so wird die Platte an den der Zeichnung entsprechenden Stellen freigelegt und kann dort durch Ätzung vertieft werden, während alle anderen Teile der Platte infolge der sie bedeckenden unlöslich gewordenen Chromgelatine unverändert bleiben. Man erhält auf diesem Wege ebenfalls eine Tiefdruckplatte durch Metall-Tiefätzung, d. h. „Photogravüre".

Das sind mit kurzen Worten die beiden vornehmlichsten Methoden, mit Hülfe der Photographie auf photomechanischem bezw. photochemischem Wege Kupfertiefdruckplatten herzustellen, die „Photogalvanographie", welche dem Kupferstich ähnliche Resultate liefert, und die „Photogravüre", welche mehr der Radierung mit Ätzung entspricht.

Das erstere Verfahren der „Photogalvanographie", d. h. der Herstellung eines festen Gelatine-Reliefs und Abformung desselben auf galvanoplastischem Wege zur Erlangung einer Tiefdruckplatte in

Kupfer eignet sich vorzugsweise zur Wiedergabe von Zeichnungen und Bildern in Linien- und Strichmanier. Es spielt in der Kartographie als Reproduktionsmethode eine ganz hervorragende Rolle. Die „Photogravüre“ hingegen, auf einer behufs Körnung fein eingestaubten Kupferplatte ausgeführt, liefert sehr vollkommene Reproduktionen von Halbtonbildern aller Art, Photographien, Gemälden etc. Sie steht unter den photographischen Reproduktionsmethoden mit an erster Stelle, wenn es sich um künstlerisch wertvolle Reproduktionen von Bildern mit Halbtönen handelt.

Der Hochdruck.

Die Benutzung der Photographie zur Metallhochätzung geschieht auf folgendem Wege: Beim Belichten der Chromgelatineschicht oder auch einer Schicht von lichtempfindlichem Asphalt etc. unter einem photographischen Negative bleibt nach dem Auswaschen ein der Zeichnung selbst entsprechendes Gelatine-Relief auf der Platte zurück, während die übrigen Teile der Platte von der dort löslich gebliebenen Gelatine befreit sind. Vertieft man diese durch Ätzung, so erhält man eine Hochdruckplatte mit erhabener Zeichnung für die Buchdruckerpresse. Auf diesem Verfahren beruht die sogenannte „Phototypie“, so benannt nach den Typen des Buchdrucks. Diese Hochätzung wird meist in Zink ausgeführt, seltener in Kupfer oder anderen Metallen, weshalb sie auch den Namen „Zinkographie“ trägt. Sie ist direkt nur geeignet zur Reproduktion von Zeichnungen in Linien- und Strichmanier als Ersatz des Holzschnittes; sie wird aber durch besondere Kunstgriffe auch zur Wiedergabe von Halbtönen durch Zerlegung derselben in ein druckbares Korn verwendbar gemacht.

Die Methoden dieser „Zerlegung der Halbtöne“ für die Zinkhochdruckplatten sind verschiedener Art. Beim „Netz“- oder „Raster“-Verfahren wird beim Abphotographieren des zu reproduzierenden Halbton-Originals nahe vor die lichtempfindliche Platte ein Glasgitter eingeschaltet, welches aus sehr feinen undurchsichtigen Linien auf durchsichtiger Glasplatte besteht, so fein, dafs sie mit blofsem Auge nicht wohl mehr einzeln zu unterscheiden sind. Dieses feine Liniennetz wird mit dem Gegenstande selbst auf der Negativplatte abgebildet, aber nicht ganz scharf, da die Gitterplatte die lichtempfindliche Schicht nicht unmittelbar berührt, sondern um ein ganz geringes Mafs von ihr absteht. Daher greift das durch das Gitter durchgehende Licht etwas über die Linien-Schatten hinaus, und zwar um so mehr, je intensiver dasselbe ist. Die hellsten Teile des abgebildeten Originales,

welche das stärkste Licht aussenden, werden somit in ihrer Wirkung auf die lichtempfindliche Schicht durch die dunklen Striche nur wenig gehemmt werden, sodafs von diesen nur ein ganz schwacher Netzschatten entsteht, während derselbe an Stärke verhältnismäfsig um so mehr zunimmt, je dunkler die abzubildenden Teile sind, d. h. je weniger Licht sie aussenden. So werden bei Abbildungen von Halbtonbildern in den Halbtönen allmähliche Übergänge hervorgerufen, indem die stärker zur Geltung gelangenden Netzteile die Wirkung einer stärkeren Körnung hervorrufen[3]). Bei diesem „Autotypie"-Verfahren werden somit die Halbtöne des Originals bei Anfertigung des Glasnegativs durch das eingeschaltete Glasgitter, den „Raster", so zerlegt, dafs das Glasnegativ eine den Tönen umgekehrt entsprechende Körnung in seinem Bilde erhält, welche aber sehr viele Male gröber ist als das Silberkorn der photographischen Schicht. Beim Belichten der die Zinkplatte bedeckenden Chromgelatineschicht unter einem solchen Negative wird dann das grobgekörnte Bild auf diese Schicht und weiter nach dem Auswaschen derselben durch Ätzen auf die Zinkplatte selbst übertragen. Diese Autotypie hat in letzter Zeit immer mehr Fortschritte gemacht und wesentliche Verbesserungen erfahren. Sie verlangt gut geeignetes Papier und sorgfältigen Druck. Nicht selten aber sind mit Vorsicht auf gutem Papier ausgeführte Probedrucke unvergleichlich besser als von derselben Platte durch die Buchdruckerpresse hergestellte gröfsere Auflagen. Durch den Emaille-Prozefs können kräftigere Druckplatten erzielt werden. Er besteht darin, dafs auf die angeätzte Platte Collodiumpulver aufgestaubt und dann angeschmolzen wird, wonach dieselbe einer viel energischeren Ätzung ausgesetzt werden kann, ohne befürchten zu müssen, dafs auch die abgedeckten Teile angegriffen werden.

Wenn das zu reproduzierende Original als Halbtonbild z. B. als Gemälde, als Photographie nach einem solchen oder nach der Natur etc. fertig vorliegt, so müssen die Halbtöne in der angegebenen Weise bei Anfertigung des photographischen Negatives zerlegt werden, um letzteres zur Herstellung einer Hochdruckplatte durch Ätzung verwenden zu können. Wird hingegen für die beabsichtigte Reproduktion eine Vorlage erst angefertigt, so kann man in dieser Original-Zeichnung die Halbtöne gleich so grobkörnig herstellen, z. B. durch Zeichnen auf sehr grobkörnigem Papier, Pyramidenkornpapier etc., dafs bei Anfertigung des Negativs keine weitere Netzzerlegung notwendig ist.

[3]) Beim Betrachten einer Autotypie mit der Lupe sieht man direkt, dafs die helleren Stellen im Bilde ein feineres Korn haben als die dunklen.

Das hat den Vorzug, dafs die von der Zeichnung nicht bedeckten Teile von dem Netzwerke frei und daher bei der Reproduktion rein weifs bleiben, während dieselben bei der Netzzerlegung einen wenn auch matten, so doch die Klarheit des Druckes mehr oder weniger beeinträchtigenden Ton erhalten, welcher zwar durch nachträgliches Ausstechen dieser Partien beseitigt werden kann, naturgemäfs aber nur auf mühsamem und zeitraubendem Wege. Zur Zerlegung der Halbtöne in der Original-Zeichnung selbst kann übrigens sehr verschiedenartiges, mit Korn, Netzwerk etc. versehenes Papier benutzt werden. Seine Oberfläche wird meist durch eine Kreideschicht gebildet, welche sich leicht mit dem Schaber abschaben läfst, sodafs durch aufgedrucktes Netzwerk oder Zeichnung von Hand etc. dunkel gefärbte Stellen mit dem Schaber aufgehellt, bezw. gekörnt werden können.

Eine andere Methode der Zerlegung bezeichnet man mit dem Namen „Carreaugraphie“. Legt man einen Bogen „Graphitpapier“, d. h. mit Graphitpulver geschwärztes Papier zwischen eine zu kopierende Zeichnung und ein weifses Blatt, so färbt sich die Zeichnung auf dieses ab, wenn man sie unter leichtem Druck mit einem Stifte umfährt. Nimmt man nun als Graphitpapier ein Blatt, welches nicht über seine ganze Fläche gleichmäfsig dunkel gefärbt ist, sondern ein abfärbendes Liniennetzsystem, bezw. Korn enthält, so werden beim entsprechenden Überfahren der Vorlage die Halbtöne in Netzzerlegung abgedrückt und auf solche Weise die Kopien auch in den Halbtönen reproduktionsfähig für den Hochdruck gemacht werden können. So kann eine auf glattem Papier in Umrifslinien angefertigte Zeichnung leicht mit reproduktionsfähigen Halbtönen versehen werden. Ein Beispiel liefert aufser vielen Illustrationen von Witzblättern etc. die Reliefkarte der Schweiz von Orell und Füfsli, die sogenannte „Volkskarte“.

Alle diese Halbtonzerlegungen werden bei Anfertigung von Illustrationen für den Buchdruck, illustrierte Journale etc. in der mannigfachsten Weise benutzt, doch stehen dieselben dem Holzschnitte an Kraft und Klarheit bedeutend nach, ja es ist vielfach geradezu unverantwortlich, welcher Schund von Abbildungen im Autotypie-Verfahren geliefert wird; meistens tragen schlechter Druck und ungeeignetes Papier die Schuld daran.

Der Flachdruck.

Die Verwertung der Photographie beim Flachdruck-Verfahren ist besonders mannigfaltig.

Beim Flachdrucke wurde in erster Linie die Lithographie genannt. Zur Herstellung von „Photolithographien“ sowie von „Lichtdrucken“ benutzt man ebenfalls die Eigenschaft der lichtempfindlichen Chromgelatine, dafs sie durch Belichtung in ihrer Löslichkeit verändert wird. Belichteter Chromleim wird unlöslich im warmen Wasser, während dieses unbelichtete Chromgelatine auflöst. Wendet man statt warmen Wassers aber kaltes an, so löst sich die unbelichtete Chromgelatine in ihm zwar nicht ganz auf, aber sie nimmt Wasser in sich auf und quillt dadurch etwas an, während die belichtete Chromgelatine keine Quellung erfährt. Diese Quellung der Chromgelatine durch Aufnahme von Wasser giebt ihr weiter die Eigenschaft, fette Druckfarbe, welche beim Einwalzen an der nicht gequollenen Gelatine haftet, an den gequollenen Teilen abzustofsen. Hiermit ist die Möglichkeit gegeben, direkt von der belichteten Chromgelatineschicht nach ihrer Behandlung mit kaltem Wasser und Einwalzen mit fetter Druckfarbe Abdrücke herzustellen. Auf diesem Verfahren beruht der „Lichtdruck“, welcher vorzügliche Halbtonbilder herzustellen gestattet, die den direkt photographisch hergestellten Bildern nahe kommen und daher, wie bekannt, namentlich als Reproduktionen von Landschaften, Gebirgsansichten und Kunstwerken aller Art eine ungemeine Verbreitung gefunden haben. Die Wiedergabe der Halbtöne in so vollkommener Weise beruht hier auf einer „natürlichen“ Körnung der Gelatinehaut, einer Runzelung ihrer Oberfläche entsprechend der Belichtung beim nachherigen Trocknen in der Wärme. Je nach der Anwendung höherer oder niederer Temperaturgrade beim Trocknen läfst sich ein feineres oder gröberes Korn erzielen, wie überhaupt die Behandlung des Lichtdrucks mancherlei Modifikationen zuläfst, welche Preis und Güte der Drucke bedingen.

Dieses Verfahren ermöglicht namentlich für Abbildungen in Strichmanier einen Umdruck auf Stein und damit eine Vervielfältigung auf der lithographischen Schnellpresse als „Photolitographie“, wodurch gleichmäfsigere Drucke in gröfserer Auflage erzielt werden können, als bei Benutzung des Druckes von der Gelatineschicht selbst. Bei diesem Umdruck wird das auf Umdruckpapier abgedruckte Bild durch nochmaliges Abdrucken von diesem auf den Stein oder eine Zinkplatte etc. gebracht. Dieses „Abklatschen“ auf Stein oder Zink mufs unter Anwendung von einigem Drucke geschehen, damit die Umdruckfarbe haften bleibt. Hierbei werden naturgemäfs die einzelnen Teile der Zeichnung etwas breitgequetscht, was um so störender wirkt, je feiner die Linien bezw. Punkte sind. Halbtonbilder mit feinem Korn

können daher nicht gut in solcher Weise durch Umdruck vervielfältigt werden, dagegen eignet sich die „Photolithographie" sehr gut zur Reproduktion kräftiger Linien und Strichzeichnungen, für welche sie vielfach benutzt wird. Sie spielt daher auch in der Kartographie eine wichtige Rolle.

Auch von der Herstellung von Druckplatten durch Ätzung in Verbindung mit photographischer Lichtwirkung wird beim Flachdrucke vielfach Gebrauch gemacht. Man benutzt hierbei meist als lichtempfindliche Substanz eine besondere Art Asphalt, welche die Eigenschaft hat, ihre sonstige Löslichkeit in gewissen Flüssigkeiten, wie z. B. Benzin, Terpentinöl etc. durch die Belichtung zu verlieren. Die mit einer dünnen Schicht solchen lichtempfindlichen Asphalts im Dunkeln überzogene Stein- oder Zinkplatte wird unter einem Glaspositive belichtet. Die dunkle Zeichnung schützt den Asphalt vor der Lichtwirkung, an den ihr entsprechenden Stellen bleibt derselbe löslich; beim Behandeln mit Benzin nach der Belichtung löst er sich, die Platte wird an diesen Stellen freigelegt, während alle anderen von dem durch die Lichtwirkung unlöslich gewordenen Asphalte bedeckt bleiben, so dafs beim Eintauchen der Platte in eine ätzende Flüssigkeit nur die Zeichnung etwas vertieft eingeätzt wird. Man erhält auf solchem Wege eine schwach vertiefte Druckplatte analog der durch Steingravüre von Hand hergestellten, welche ebenso wie diese in der lithographischen Presse abgedruckt werden kann. Dieses Verfahren der Steinätzung wird besonders benutzt in Holland, in welchem Lande die Lithographie sehr gepflegt und ausgebreitet wurde.

Im Nachbarlande Belgien wendet man das lithographische Ätzverfahren in etwas modifizierter Form an nach dem Vorgange des französischen Kommandanten de la Noë. Statt des Steines nimmt man dort Zink und, nachdem man in gleicher Weise die Zeichnung in die Zinkplatte vertieft eingeätzt hat, füllt man diese Vertiefungen wieder mit Asphalt aus in der Weise, dafs man die ganze Platte von neuem mit einer Asphaltschicht überzieht und nach dem Belichten mit einem Stück Holzkohle abreibt. Dann bleibt der Asphalt nur in den eingeätzten Vertiefungen haften, während alle übrigen Teile der Platte frei und blank werden. Wäscht man sie dann noch mit schwach angesäuertem Gummiwasser ab und walzt sie mit Farbe ein, so haftet diese nur an den Asphaltteilen, aber nicht an der blanken Platte. In der lithographischen Schnellpresse werden von solchen reinen Flachdruckplatten saubere Abdrücke erzielt.

Ein anderes Asphalt-Verfahren, die sogenannte direkte Über-

tragung, wird für Kartendruck im militär-geographischen Institute in Florenz angewandt. Von der zu reproduzierenden Kartenzeichnung wird ein photographisches Negativ angefertigt und unter ihm eine mit einer ganz dünnen Schicht lichtempfindlichen Asphalts überzogene Zinkplatte belichtet, wobei die durch das Negativ nicht geschützten, also der Zeichnung entsprechenden Teile unlöslich werden. Nach dem Auswaschen mit Benzin ist die Druckplatte fertig, indem der zurückbleibende, der Zeichnung entsprechende Asphalt beim Einwalzen mit fetter Farbe diese annimmt, während die freigelegten blanken Metallteile dies nicht thun. Durch dieses Verfahren werden gute Drucke der Mefstischblätter des italienischen Generalstabes erzielt. Es ist noch einfacher, als die Zinkographie des Kommandanten de la Noë, da die Umformung des Negativs in ein Diapositiv, die Ätzung und nochmalige Behandlung mit Asphalt bei ihm fortfällt.[4])

Die in Italien gebräuchliche direkte Benutzung eines abziehbaren Negativhäutchens an Stelle des Positiv-Bildes auf Glas, wie in Belgien, gestattet ein besseres Anpassen an die Oberfläche der herzustellenden Druckplatte. Das Häutchen ist hygroskopisch und leicht veränderlich, doch läfst sich die richtige Mafshaltung bei einiger Übung und Vorsicht unschwer erzielen. Die Asphaltschicht wird so dünn genommen, dafs sich auf der fertigen Druckplatte mit dem Gefühl keine Erhöhungen und Vertiefungen unterscheiden lassen. Die erzielten Druckresultate waren so befriedigend, dafs man begonnen hat, auch Blätter der neuen Karte von Italien in 1 : 100 000 nach diesem Verfahren zu vervielfältigen, während früher ausschliefslich die Photogalvanographie, d. h. Kupfertiefdruck zur Herstellung dieser Karte benutzt wurde.

Zur Wiedergabe von Halbtonbildern eignen sich diese vorgenannten Flachdruck-Verfahren direkt nicht, hingegen kann die beim Hochdruck besprochene Zerlegung der Halbtöne durch das Netzverfahren etc. naturgemäfs auch im gesamten Gebiete des Flachdrucks benutzt werden, gleichviel ob es sich um Herstellung von Halbtonplatten in Stein, Zink, Messing oder Kupfer handelt. Schon vor der Benutzung der „Raster" zur Zerlegung der Halbtöne versah Eckstein, der Direktor des Holländischen militärgeographischen Instituts im Haag, seine Lithographiesteine mit parallelen Linien, in geringem Abstande

[4]) Im Belgischen militär-kartographischen Institut in Brüssel fertigt ein einziger geschickter Reproduktions-Techniker nach den ihm gegebenen Originalzeichnungen die nötigen Negative, Diapositive u. s. w. bis zu den fertigen Druckplatten sämtlich ganz allein an.

gezogen durch eine Liniiermaschine. Nach der hinreichend tiefen Einätzung werden sie von diesem Muttersteine auf andere Steine abgedruckt, je nach dem Zwecke nur parallel oder rechtwinklig oder mehrfach gekreuzt. Auf einen so vorbereiteten Stein wird die zu reproduzierende Zeichnung in ihren Umrissen gebracht und dann der Stein das erste Mal geätzt, wodurch eine schwache Tonwirkung erzeugt wird. Diejenigen Stellen, welche diesen leichten Ton behalten sollen, werden dann „abgedeckt", das heifst mit einer Schicht überzogen, welche sie gegen die folgenden Ätzungen schützt. Die zweite Ätzung verstärkt die Tonwirkung an allen frei gebliebenen Stellen. Nach Abdecken derjenigen Plattenteile, für welche diese ausreicht, erfolgt die dritte Ätzung und so fort. Auf solche Weise entsteht ebenfalls eine Halbtonplatte, bei welcher die Abstände von einer Tonstufe zur anderen der Wirkung einer Ätzung entsprechen, welche aber ihrerseits wieder von verschieden langer Dauer und damit Tiefe und Wirkung genommen werden kann.

Eckstein hat auf solchem Wege sehr schöne Druckresultate erzielt, namentlich bei Anwendung mehrfacher Farbentöne, wie z. B. in der vielfarbigen Karte von Java, worauf wir bei Besprechung der mehrfarbigen Drucke noch zurückkommen werden. Bei diesem Ecksteinschen Netzverfahren mit Tiefätzung spielt das Netzwerk als solches eine ganz andere Rolle, als bei der Autotypie die Rasterplatte. Bei ihm hat das abgebildete Netz auf der Druckplatte überall gleiche Stärke und dient zum Festhalten der Farbe, welche in den verschieden tiefgeätzten Vertiefungen ungleich dick diese ausfüllt, analog wie bei der Kupfertiefätzung, wo die Körnung durch Einstauben das Netzwerk vertritt. In diesen beiden Fällen hat die Farbe auf der Platte in den verschiedenen Vertiefungen verschiedene Dicke und wird daher in verschiedener Stärke abgedruckt. Bei der Autotypie hingegen wird der Raster ungleich stark abgebildet, je nach der gröfseren oder geringeren Helligkeit im Bilde, und ermöglicht auf solche Weise eine Zerlegung der Halbtöne in ein druckbares Korn mit gleich stark an allen Stellen eingewalzter Farbe.

(Schlufs folgt.)





Korn, Mehl und Brot.[1])

Von **F. Arentz** in Bergen.

Die materielle Grundlage für das antike wie für das moderne Kulturleben bildet das Korn. Vor der Zeit des Ackerbaus war eine höhere Kulturentwicklung kaum möglich, denn die erste und wichtigste Bedingung für das Zustandekommen eines geordneten Beisammenlebens sind feste Wohnplätze. Völkerstämme, welche sich ausschliefslich durch Jagd und Fischerei, später auch durch Viehzucht ernährten, konnten sich nicht an feste Wohnplätze binden, weil die leichte Verlegbarkeit ihres Aufenthaltsortes eine Lebensbedingung für sie war, um den Wanderzügen des Wildes oder den Viehherden folgen zu können.

Ein solches Nomadenleben gewährte keine Mufse für geistige Arbeit, wissenschaftliches Denken und künstlerische Bethätigung. Aufserdem vermag ja auch ein Boden, der ausschliefslich zum Zwecke der Jagd oder der Weide ausgenutzt wird, nur einer sehr zerstreuten und mithin nur spärlichen Bevölkerung den notwendigen Unterhalt darzubieten. Eine leidlich dichte Bevölkerung ist aber für die Kulturentwicklung eine Hauptbedingung, denn erst, wenn der nötige Grad der Dichte erreicht ist, macht sich das auf Gegenseitigkeit beruhende Zusammenwirken zwischen den einzelnen Individuen geltend und erzeugt so jenen Ausgleich der Kräfte, welcher die Kultur zeitigt. Es begann deshalb auch erst dann ein geordnetes Gesellschaftsleben sowie ein höherer geistiger Aufschwung, als die Menschen erkannt hatten, welch ein wunderbar geeignetes Nahrungsmittel die Natur in den Samenkörnern der Getreidearten darbot, und nun der Anfang zu einer regelrechten Bebauung des Ackerbodens gemacht wurde. Die Entdeckung des im Korn enthaltenen Nahrungswertes ist somit die

[1]) Aus: „Naturen", Illustreret månedsskrift for populaer naturvidenskab, Bergen, ins Deutsche übertragen von der Redaktion.

gröfste und epochemachendste Entdeckung, welche die Kulturgeschichte der Menschheit zu verzeichnen hat. Der Zeitpunkt dieser Entdeckung verliert sich freilich im undurchdringlichen Dunkel fernster Vergangenheit, er fällt Jahrtausende vor Beginn unserer Zeitrechnung. In Persien, Ägypten, Indien und China wurde bereits zu einer Zeit ein regelrechter Ackerbau betrieben, als Europa noch von dichtem Urwald bestanden war, ja es ist wahrscheinlich, dafs schon in Asiens ältesten Kulturgegenden eine geordnete Feldwirtschaft existierte, als noch starres Inlandseis die nordeuropäischen Fluren deckte.

Durch die Feldwirtschaft wurde das Korn gewonnen, aber erst durch das Zermahlen und Backen konnte daraus eine verdauliche Kost gewonnen werden. Die Bereitung des Mehls ist daher auch einer der ältesten technologischen Prozesse. Bevor ich dazu übergehe, ein historisches Streiflicht auf diesen wichtigen Industriezweig zu werfen, sei es mir gestattet, etwas von dem inneren Bau des Getreidekorns, von dessen chemischer Zusammensetzung und seinem Nährwert zu berichten.

Die chemischen Stoffe, deren der menschliche Organismus für die Erneuerung des Blutes und der Körperteile, sowie für die Erhaltung der notwendigen Leibeswärme bedarf, bestehen aus den Elementen: Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff. Aufserdem sind in geringerer Menge eine Anzahl von Salzen erforderlich, besonders für den Knochenbau phosphorsaure Kalksalze, Kali- und Natronsalze u. s. w. Von den vier erstgenannten Elementen wird freier Sauerstoff dem Blute durch den Atmungsprozefs zugeführt; Sauerstoff und Wasserstoff, die sich zu Wasser verbinden, nimmt der Körper mit den festen Nahrungsmitteln und Getränken in sich auf, ebenso wie dies mit dem Kohlenstoff, Stickstoff und den Salzen geschieht. Man kann folglich die Nahrungsmittel zweckmäfsig in drei Hauptabteilungen gliedern, nämlich in die

1. Klasse: Luft und Wasser, die gewöhnlich im Überflufs vorhanden sind; freilich vermifst man bei diesen Nahrungsmitteln oft den notwendigen Grad der Reinheit.
2. Klasse: Kohlenstoff- und stickstoffhaltige Nahrungsmittel (Efswaren), und
3. Klasse: Mineralische Nahrungsmittel.

Letztere bestehen in der Hauptsache aus den Aschenrückständen der

gewöhnlichen Nahrungsmittel; sie werden denselben aber auch in Form von Gewürzen, wie z. B. als Kochsalz, zugeführt.

Die eigentlichen Nahrungsmittel (2. Klasse) zerfallen nun wiederum in zwei Hauptgruppen, je nachdem sie Stickstoff enthalten oder nicht, nämlich in stickstoffhaltige und in stickstofffreie Verbindungen. Die letzteren werden oft auch Kohlehydrate genannt, weil sich ihre chemische Zusammensetzung so auffassen läfst, als ob sie Verbindungen von Kohle mit Wasser wären.

Unser gewöhnliches Getreide enthält nun beide Arten von Nährstoffen, wenn auch nicht ganz in dem Verhältnis, in welchem sie unser Körper verarbeitet. Wir finden im Getreidekorn:

Kohlehydrate:

Stärke, Dextrin, Zucker } chemisch nahe verwandte Stoffe. Wenn das Korn keimt, wird Dextrin und Stärke in Zucker umgewandelt.

Fettstoffe = Glycerin + Ölsäure.

Cellulose = Zellstoff.

Stickstoffhaltige Stoffe:

Glutin { Pflanzenfibrin = Muskelfaserstoff, Pflanzenkaseïn = Käsestoff, Pflanzenleim } unlöslich im Wasser.

Albumin, in Wasser löslich, ist nur in sehr geringer Menge vorhanden.

Weiter finden wir im Getreidekorn alle notwendigen Salze, besonders die phosphorsauren, und eine beträchtliche Menge Wasser. Alle diese Stoffe sind für die Ernährung wichtig mit Ausnahme der Cellulose, welche in den menschlichen Verdauungsorganen nicht verarbeitet wird, dagegen wohl, bis zu einem gewissen Grade wenigstens, in denjenigen der Haustiere. Endlich findet man im Getreide auch geringe Mengen von stickstoffhaltigen Bitterstoffen; da aber diese Stoffe ohne Nährwert sind und überdies dem Mehl einen unangenehmen bitteren Beigeschmack verleihen, sucht man sie, soweit es angeht, bei der Mehlgewinnung zu entfernen. Den Prozentsatz der Stoffe, aus denen das Getreidekorn besteht, kann man aus der folgenden Zusammenstellung entnehmen, welche Mittelwerte aus Hunderten von Analysen angiebt. Bei dieser Zusammenstellung ist gleichzeitig die Kartoffel berücksichtigt worden:

	Weizen	Roggen	Hafer	Gerste	Reis	Kartoffel
Wasser	13.56	15.26	12.92	13.78	13.23	75.77
Stickstoffhaltige Substanzen . .	12.42	11.43	11.73	11.16	7.81	1.79
Fett	1.70	1.71	6.04	2.12	0.69	0.16
Zucker	1.44	0.95	2.22	1.56		
Dextrin	2.38	4.87	2.04	1.70	76.40	20.56
Stärke	64.05	62.00	51.17	62.25		
Zellstoff	2.66	2.01	10.83	4.80	0.78	0.75
Asche	1.79	1.77	3.05	2.63	1.09	0.97
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Diese Tabelle zeigt uns, dafs Weizen, Roggen und Gerste ungefähr denselben Nährwert besitzen, Reis minder kräftig ist, und endlich Hafer, im natürlichen Zustand oder zu Mehl verarbeitet, wegen seines grofsen Cellulosegehaltes sich am besten für Viehfutter eignet, dagegen, wenn die Cellulose entfernt wird, seines bedeutenden Fettgehaltes und der mineralischen Rückstände wegen ein sehr kräftiges Mehl liefert; feines Hafermehl findet deswegen auch als Diätmittel bei Rekonvaleszenten Anwendung. Ferner lehrt die Tabelle, dafs das Getreidekorn, so vielseitig es auch zusammengesetzt ist, doch an so wichtigen Nährstoffen, wie Fett und Zucker, Mangel aufweist. Wenn wir daher Butter auf unser Brot streichen oder zuckerhaltige Stoffe, z. B. Syrup und eingemachte Früchte, zum Brot geniefsen, so geschieht dies nicht allein aus Geschmacksrücksichten; der Geschmack hat uns vielmehr ohne Hilfe der Chemie hier das Richtige zu treffen gelehrt.

Es wird nun notwendig sein, den physiologischen Bau des Getreidekorns zu betrachten, zu untersuchen, wie die erwähnten verschiedenartigen Stoffe in demselben verteilt sind. Die Figur 1 zeigt uns den Längsschnitt eines Weizenkornes; in derselben sind der Deutlichkeit wegen die Zellen und Stärkekörner gröfser gezeichnet, als sie in Wirklichkeit sind. Alle übrigen Kornarten sind in gleicher Weise gebaut, so dafs unsere Zeichnung als typisch betrachtet werden kann. Von aufsen nach innen betrachtet besteht das Getreidekorn zunächst aus mehreren Schichten kleiner dickwandiger Zellen. Die aus ihnen gebildete Schale enthält den gröfsten Teil des dem Korne eigenen Zellstoffes, und da hiervon nur etwa 3 % im ganzen Korn enthalten ist, so ist klar, dafs der Gehalt des inneren Kerns an Zellstoff fast verschwindend sein mufs.

Auf die Schale folgt nach Innen zunächst eine Schicht etwas gröfserer Zellen, die im wesentlichen Kleber (Glutin) enthalten, d. h. stickstoffhaltige Verbindungen und verhältnismäfsig wenig Stärke, dann folgt innerhalb dieser Schicht endlich der eigentliche Mehlkern, welcher aus etwas gröfseren, dünnwandigen Zellen besteht, die wesentlich Stärke in ganz kleinen Körnern enthalten, doch gleichzeitig auch etwas Albumin, Glutin und Salz. Am unteren Ende des Getreidekorns befindet sich der Keim, aus dem sich die neue Pflanze entwickelt, und am oberen Ende sitzt eine Anzahl kleiner Härchen, der sogenannte „Bart“.

Keim sowohl wie Bart zeichnen sich in chemischer Hinsicht durch ihren hohen Gehalt an Bitterstoffen aus. Man sucht deshalb

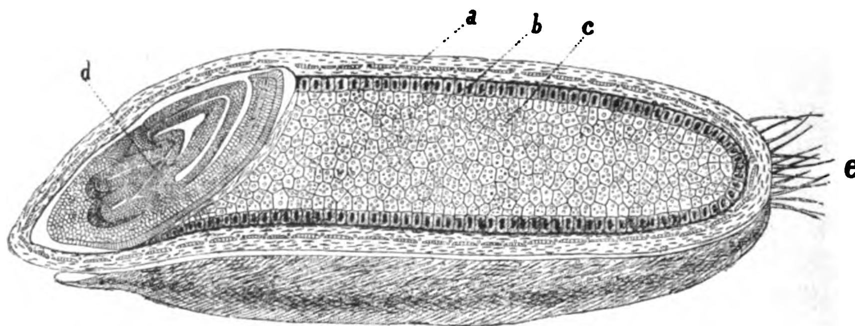


Fig. 1. **Längsschnitt durch ein Weizenkorn.**
a) Schalen. b) Glutinzellen. c) Kern. d) Keim. e) Bart.

diese Stoffe immer möglichst zu beseitigen, indem man die Enden des Korns, bevor dasselbe gemahlen wird, entfernt, oder, wie der Fachausdruck lautet, indem man das Korn spitzt.

Der Mahlvorgang, wodurch das Korn zu Mehl verarbeitet wird, besteht darin, dafs man zunächst die Kerne von ihren Schalen befreit und sie dann beziehungsweise zu Mehl und Kleie zerquetscht.

In der allerältesten Zeit erreichte man dies dadurch, dafs man das getrocknete Korn in Mörsern zerstampfte und dann durchsiebte, wie man dies recht deutlich aus der beifolgenden Fig. 2 ersehen kann, die nach einem alten ägyptischen Wandgemälde kopiert worden ist.

Es ist klar, dafs sich mittelst dieser Methode ein sehr reines Mehl aus den inneren Kernen herstellen läfst, da die Kerne ja spröde sind und sich leicht zersprengen lassen, während die Schalen zähe sind und also auch bei der Zerkleinerung Widerstand leisten. Durch

das Sieben werden sich also die Schalen vollständig von den Kernen trennen lassen. Die alten Ägypter zu Potiphar und Josephs Zeiten konnten sich daher bei ihren Festlichkeiten an genau so feinem, weifsen Weizenbrot delektieren, wie dasjenige ist, welches heutzutage unsere Bäckermeister aus Konditormehl herstellen. War nun aber auch diese uralte Methode des Zerstofsens insoweit technisch vollkommen, als dadurch ein durchaus leidliches Produkt erzielt wurde, so besafs sie doch den Fehler, dafs sie langwierig und beschwerlich war und einen so grofsen Aufwand menschlicher Arbeit erforderte, dafs das Verfahren in einem Kulturstaate nur mit Hilfe eines grofsen Sklavenbestandes ermöglicht wurde. Das feine Brot mufste damals also im Verhältnis zum Kornpreis sehr hoch bezahlt werden, und daher mufste es als ein aufserordentlich grofser Fortschritt gelten, als man fand, dafs das Korn sich zwischen Steinen zerreiben läfst. Hier-

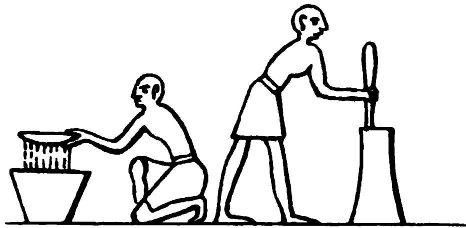


Fig. 2. **Mehlbereitung bei den Ägyptern.**

mit sparte man eine Menge Zeit und Arbeit, aber das Erzeugnis war nicht von gleicher Güte, indem nämlich die Schalenteile gleichzeitig so fein zerrieben wurden, dafs sie durch das Sieb fielen und sich mit dem aus den Kernen gewonnenen Mehl vermischten. Die alten Mühlsteine hatten konische Form, wie dies die Figur 3 darstellt. Der obere Stein wurde auf dem unteren dadurch gedreht, dafs man eine Stange durch denselben steckte und diese im Kreise herum bewegte wie bei einer Gangspille. Jedenfalls waren derartige Einrichtungen bei den Römern in Gebrauch, denn bei der Ausgrabung von Pompeji sind sehr gut erhaltene Exemplare solcher Mühlen aufgefunden worden. Der Betrieb derselben war in erster Linie Sache der Sklavinnen, wie dies aus dem 20. Gesang, Vers 105 der Odyssee hervorgeht. (Johann Heinrich Voss' Übersetzung):

Vorbedeutung auch redet ein mahlendes Weib im Gemache,
Nahe bei ihm, allwo die Mühlen des Königes standen.
Täglich waren daran zwölf Müllerinnen geschäftig,
Mehl aus Weizen und Gerste zu fertigen, Mark der Männer.

Gelegentlich wurden zur Aushilfe auch Sklaven verwendet, wie z. B. Samson bei den Philistern, später benutzte man im Altertum, wenn es sich darum handelte, die schwereren Mühlsteine zu bewegen, auch Zugtiere, wie Pferde, Esel und Ochsen. Mühlen, welche mit Wasserkraft getrieben wurden, sind dagegen bis zu Beginn unserer Zeitrechnung kaum bekannt gewesen; wenigstens lebte der älteste Verfasser, welcher Wassermühlen beschrieben hat, Vitruv, unter Kaiser Augustus. Von ihm stammt eine klare und fafsliche Beschreibung einer solchen Mühle her, die mit Wasserrad und zugehörigem Zahnrad zum Drehen der Mühlsteinspindel sowie auch mit dem Kornbehälter versehen war, aus dem das Korn zu den Mühlensteinen niederrieselt. Die bedeutend einfachere Mühlenkonstruktion, bei der das Wasserrad und der sich drehende Stein auf derselben vertikalen Achse angebracht sind, soll zuerst im 6. Jahrhundert bei den Arabern in Anwendung gekommen sein und sich von dort aus über ganz Europa verbreitet haben, wo in den mehr abseits liegenden Landschaften diese Mühlen noch jetzt in Gebrauch stehen, so namentlich in Norwegen, Nordspanien, Serbien und Bulgarien. Die Windmühle ist dagegen eine noch sehr junge Erfindung. Die erste Windmühle wurde in Holland im 16. Jahrhundert gebaut. Im Ganzen hat der Müllereibetrieb vom Beginn unserer Zeitrechnung bis zu Anfang des 19. Jahrhunderts keine wesentlichen Fortschritte aufzuweisen. Wenn etwas in Frage kam, so handelte es sich immer nur um den Prozefs des Vermahlens — man mahlte Kerne und Schalen zusammen, auch war die dann folgende Siebung, soweit sie überhaupt vorgenommen wurde, nur höchst unvollkommen. Erst mit Erfindung der Dampfmaschine begann ein kräftiger Aufschwung des Müllereibetriebes, indem neue und verbesserte Reinigungs-, Mahl- und Sicht-Maschinen erfunden wurden, und der Betrieb sich mehr und mehr zu einer Grofsindustrie herausgestaltete. Während man früher auf jedem Landsitz oder allenfalls doch in jedem Landbezirk eine Mühle arbeiten hörte, genügen jetzt einige wenige Anlagen, um ein ganzes Land mit Mehl zu versorgen.

Bei dem modernen Vermahlungsprozefs kommen mehrere verschiedene Verfahren in Betracht. Bei jedem Verfahren wird aber das Korn von allen mitgeführten Verunreinigungen zunächst sorgfältig durch eine ganze Reihe verschiedener Maschinen befreit, worauf, wie schon erwähnt, die Spitzen zwischen rotierenden Schleifsteinen gespitzt werden. Mahlt man nun das gereinigte und gespitzte Korn auf Steinen, so erhält man ein die Kleie zugleich enthaltendes Vollmehl, woraus

unser Schrotbrot gebacken wird; wird dieses Mehl dann nach dem Vermahlen durch ein grobes Sieb gesichtet (gebeutelt), so erhält man das sogenannte „grobe Mehl“, woraus das mittelfeine Brot oder Kommisbrot hergestellt wird; wird dagegen ein feines Siebtuch benutzt, so gewinnt man die entsprechend feineren Mehlsorten, woraus das gewöhnliche Schwarz- bezw. das feinere Weifsbrot gebacken wird. In dieser Weise vermahlt man unser gewöhnliches Brotkorn, den Roggen, doch auch Weizen kann in derselben Weise behandelt werden. Das Mehl, welches bei der ersten Vermahlung erzielt wird, ist das feinste und beste, alles spätere Mehl enthält mehr und mehr fein gemahlene Kleie. Roggenmehl bezeichnet man nach dem Feinheitsgrade mit 000* (das sogenannte Sternmehl), 000, 00 und 0, Nr. 1

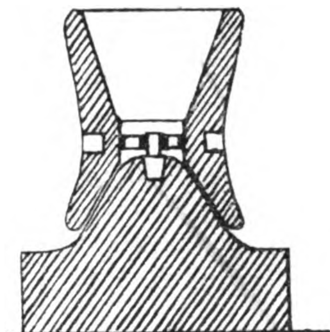


Fig. 3. **Form einer römischen Handmühle.**

und Nr. 2, welch letztere die einfachsten Sorten sind. Das, was bei der letzten Vermahlung und Sichtung übrig bleibt, wird Gries oder Kleie genannt. Der Gries ist feiner als die Kleie und enthält mehr von der Kernmasse; beide geben ein ausgezeichnetes Viehfutter. Beim Zerkleinern des Korns wendet man meistens Walzen an, nur das letzte Mahlen geschieht auf Steinen. Diese Vermahlungsmethode hat in hohem Grade Ähnlichkeit mit dem Verfahren der alten Ägypter, das Korn in Mörsern zu zerquetschen.

Weizen wird in der Regel in anderer Weise vermahlen; zuerst sucht man die verschiedenen Bestandteile, Kern und Schalen, von einander zu trennen und vermahlt sodann jeden Teil für sich zu verschiedenen Sorten von Mehl und Kleie. So gewinnt man die allerfeinsten Weizenmehlsorten, welche absolut rein von Schalen sind; es würde indessen zu weit führen, näher auf diese Vermahlungsmethode einzugehen, die mit dem Namen „Hochmüllerei“ bezeichnet wird,

während das oben beschriebene Verfahren „Flachmüllerei“ genannt wird. —

Das Ergebnis des Vermahlungsprozesses in der modernen Roggenmühle zeigt uns die folgende Übersicht. Aus 100 kg Roggen erhält man:

	Beim Vermahlen zu Sternmehl	Beim Vermahlen zu Mehl 000	Beim Vermahlen zu Feinmehl	Beim Schrotmahlen
	kg	kg	kg	kg
Mehl 000* . . .	53	—	—	—
„ 000 . . .	—	60	—	—
„ 0 . . .	7	—	—	—
„ No. 2 . . .	8	8	—	—
Feinmehl . . .	—	—	80	—
Schrotmehl . . .	—	—	—	94.5
Gries	9	9	—	—
Kleie	17.5	17.5	14.5	—
Roggenabfall . .	2.5	2.5	2.5	2.5
Beim Reinigen entfernte Stoffe und Spreu	3	3	3	3
	100	100	100	100

Aus dem Vergleich dieser Tabelle mit der oben über die Zusammensetzung des Kornes gegebenen wird ersichtlich, dafs, wenn auch Gries und Kleie den gröfsten Teil der Cellulose enthalten, sie doch auch gleichzeitig grofse Mengen von Stärke und besonders Glutin enthalten, die aus den der Schale zunächst liegenden Zellenschichten des Kernes herstammen. Es entsteht nun die Frage, ob es vom nationalökonomischen Standpunkte aus richtig ist, so grofse Mengen von nahrhaften Bestandteilen des Kornes auszuscheiden und diese zu Viehfutter zu benutzen, blofs um die Cellulose in den Schalen loszuwerden, oder ob es nicht erreichbar wäre, dafs die Arbeiterbevölkerung Kommisbrot oder vielleicht gar Schrotbrot gebraucht an Stelle des in den Städten üblichen Feinbrots.

Um diese Frage entscheiden zu können, müssen wir ein wenig auf die Ernährungstheorien sowie auf die den Gegenstand betreffenden Versuche eingehen.

Der berühmte Agrikulturchemiker Liebig lehrte, dafs die Kohlehydrate nur dazu dienen, die Körperwärme aufrecht zu erhalten, während neues Muskelgewebe nur aus stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln gebildet werden könne. Wenn diese Theorie richtig wäre, müfste es als eine ungeheure Thorheit angesehen werden, den Vermahlungsprozefs so zu leiten, dafs das meiste Glutin des Kornes den Abfallprodukten zugeführt wird. Liebig empfahl daher mit gröfstem Nachdruck, Schrotbrot oder doch wenigstens Kleiebrot (sogenanntes Grahambrot) zu verwenden, wegen des vermeintlichen grofsen Nahrungswertes, den dieses Brot besitze. Nun ist freilich jetzt allgemein anerkannt, dafs auch Stärke, Zucker und Fett an der Bildung neuer Körpersubstanz teilnehmen. Die Stärke bleibt daher jedenfalls der wichtigste Nährstoff des Korns. Aber man mufs aufserdem noch einen sehr wichtigen Punkt berücksichtigen. Es ist mit voller Sicherheit erwiesen, dafs selbst geringe Mengen von im Brot befindlicher Cellulose den Magen von der Verdauung und Aufsaugung der Nährstoffe zurückhalten, da sie den Darmkanal beeinträchtigen und ihn veranlassen, sich der Speisen zu entledigen, bevor der brauchbare Stoff völlig aus diesen herausgezogen ist. Grahambrot wird deshalb, wie bekannt sein dürfte, als Abführmittel gebraucht.

Wenn nun aber auch der Gebrauch von Kleiebrot sich bei Schwächezuständen nützlich erweist, so mufs es doch in ökonomischer Beziehung als durchaus unrichtig gelten, die Kleie im Mehl zu behalten, da hierdurch der Magen und Darmkanal von einer vollständigen Ausnützung des Brotes abgehalten und grofse Mengen Nährstoff unverbraucht abgeführt werden. Im Gegenteil verlangt eine gesunde Ökonomie, den Vermahlungsprozefs so zu leiten, dafs die Teile des Korns (der Kern), welche für den menschlichen Magen passen, zum Brot benutzt werden, und diejenigen Teile (die Schale und die Kleberschicht), welche sich für den Kuhmagen eignen, als Viehfutter Verwendung finden. Die bekanntesten und vollständigsten Untersuchungen, welche die Richtigkeit dieser Theorie darthun, sind von Dr. J. Koenig ausgeführt worden, aus dessen Werk: „Die menschlichen Nahrungs- und Genufsmittel“ wir die umstehende Tabelle entnommen haben.

Beim Backen des Brotes kommt es hauptsächlich darauf an, dafs die Stärkekörner des Mehls der Einwirkung von Wasserdämpfen bei 100 ^{0} C ausgesetzt werden. Durch dieses Sieden der Stärke vollzieht sich keine chemische, sondern nur eine rein physikalische

	Das Versuchsobjekt hat verspeist Gramm			Hiervon sind verdaut und ins Blut aufgesaugt in Prozenten		
	Wasserfreie Stoffe zusammen	Stickstoff	Asche	Wasserfreie Stoffe im Ganzen	Stickstoff	Asche
Feines weifses Weizenbrot . . .	439.5	8.83	10.52	94.4 %	80.1 %	69.8 %
Münchener Roggenbrot von zusammengemischtem, gesichtetem Roggenmehl und grobem Weizenmehl	438.1	10.47	18.05	89.9 %	77.8 %	69.5 %
Schwarzbrot von zusammengemahlenem Roggenmehl	422.7	9.38	8.16	80.7 %	57.7 %	3.4 %

Veränderung. Die Stärkekörner saugen nämlich das Wasser auf, werden gesprengt und gehen in eine kleisterartige Masse über. Rohe Stärke ist fast unverdaulich, während gekochte vollständig vom Magen aufgesogen wird. Damit nun die Dämpfe, die das kochende Wasser im Teig bildet, auch wirklich auf die gesamte Stärke einwirken können und dieselbe ordentlich durchsieden, mufs man den Teig entweder zu papierdünnen Blättchen auswalzen (Flachbrot[2]) oder denselben stark porös machen (Ofenbrot). Das letztere erreicht man dadurch, dafs man im Teig selbst sich Gase entwickeln läfst, die denselben beim Entweichen zu jener schwammartigen Masse auflockern, welche das Brot darstellt. Wenn irgendwo der Teig bei diesem Prozefs kompakt bleibt, entstehen die bekannten klitschigen Stellen, welche den Nahrungswert des Brots beeinträchtigen und dasselbe so unverdaulich machen, dafs es fast gesundheitsschädlich werden kann. Gewerbsmäfsige Bäcker dürften wohl kaum so schlecht arbeiten, dafs Klitschstellen vorkommen, indessen bei dem sogenannten Hausbackenbrot gehört dies durchaus nicht zu den Seltenheiten.

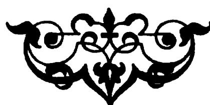
[2]) Das Flachbrot ist eine in Skandinavien übliche Form des Brotes.

Die Gase, welche den Teig locker und porös machen, werden dadurch erzeugt, dafs eine Alkoholgärung in demselben während des „Gehens“ eingeleitet wird. Dieser Gärungsprozefs ist durchaus demjenigen analog, welcher beim Bierbrauen und Branntweinbrennen stattfindet. Es würde aber hier zu weit führen, ausführlich auf diesen Vorgang einzugehen; bemerken will ich nur, dafs derselbe durch ein wenig Bierhefe, die dem Teig als Ferment zugesetzt wird, sich vollzieht. Diese Hefe vermehrt sich in der Teigmasse und verwandelt einen Teil der Stärke und des Zuckers in Kohlensäure und Alkohol, welche Stoffe dann beim Erhitzen verdampfen. Ein Teil Alkohol bleibt aber immer im Ofenbrot zurück, und nur bei dem sogenannten Flachbrot erzielt man eine vollständige Beseitigung desselben.

Die Gärungserreger entwickeln und vermehren sich also im Teig, und man kann neuen Teig zum Gehen bringen, indem man ein wenig von der alten Teigmasse (Sauerteig) nimmt und der neuen zusetzt. Würde nun aber der Gärungsteig von einem Tag zum andern aufbewahrt werden, so würden noch andere Gärungserreger in Wirksamkeit treten, und es entsteht neben der Alkoholgärung auch die Essigsäure- und Milchsäure-Gärung. Das Brot nimmt dann einen sauren Geschmack an. Nur dadurch, dafs man stets neue Zuthaten verwendet, kann dasselbe ungesäuert erhalten werden. Da die Säure das im Mehl enthaltene Glutin dunkel färbt, so erscheint das saure Brot stets dunkler als das säurefreie; die Qualität des Mehls kommt bei der Farbe erst in zweiter Linie in Betracht.

Nach dem Vorangehenden ist also mit dem Backen des Brotes stets ein Verlust an Stärke verbunden, der durchaus nicht so unbedeutend anzuschlagen ist; er schwankt nämlich zwischen 1 und 2 Prozent. Zahlreiche kluge Köpfe haben darüber nachgedacht, was ein solcher Verlust in national-ökonomischer Hinsicht bedeutet, und ob es nicht angängig wäre, denselben zu vermeiden. Liebig rechnete z. B. aus, dafs allein in Deutschland zu seiner Zeit täglich soviel Nahrungsstoff beim Brotbacken verloren geht, dafs 40000 Menschen damit gesättigt werden könnten, und Graham hat berechnet, dafs in den Bäckereien Londons alljährlich 30000 Gallonen (136000 l) Spiritus verdampfen. In grofsen Bäckereien ist bereits der Versuch gemacht, Alkohol zu gewinnen, doch hat man hierbei nur wenig Erfolg erzielt. In Wirklichkeit ist es ja auch nur eine Redensart, dies als einen Verlust zu bezeichnen, denn die Gärung macht ja das Brot schmackhaft und leicht verdaulich, und ohne Opfer läfst sich meistens nichts erzielen. Anderseits ist es aber nicht unmöglich, dafs

eine billigere Methode als die Gärung erfunden wird, um das Brot geniefsbar zu machen. Liebig schlägt den Zusatz von Chemikalien vor, die Gase erzeugen können (Backpulver), ein Verfahren, welches in den Konditoreien sehr oft Anwendung findet; doch hat sich diese Methode beim Brotbacken nicht bewährt.





Die Insel Bornholm.

Von **Franz Goerke** in Berlin.

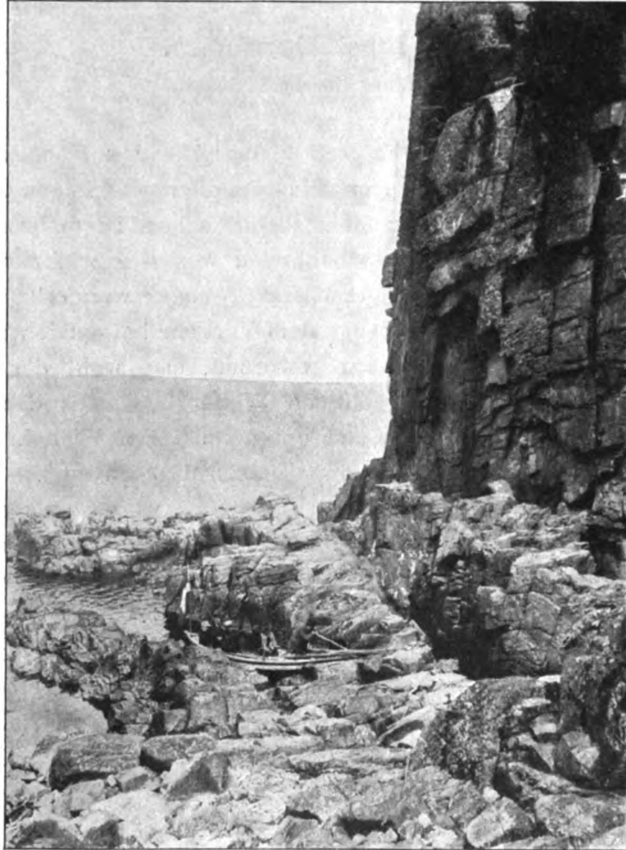
Erst seit wenigen Jahren hat sich dem größeren Fremdenverkehr eine Insel in der Ostsee erschlossen, die einer kleinen Gemeinde, namentlich aus Künstlern bestehend, schon lange bekannt und von diesen der grofsen Naturschönheiten wegen geschätzt und gern aufgesucht wurde. Eigentlich erscheint es sogar wunderbar, dafs ein Eiland wie Bornholm sich so lange dem Verkehr hat entziehen können, und dafs es so langsam bekannt geworden, mag wohl der erst seit kaum einem Jahrzehnt aufgeblühten Wanderlust nach dem Norden und dem bisher mangelhaften und unregelmäfsigen Verkehr mit dem Festland, namentlich mit Deutschland, zuzuschreiben sein.

Der Charakter Bornholms ist ein so eigenartiger, dafs es schwer fallen würde, Vergleiche zu ziehen, die landschaftliche Scenerie eine so überaus mannigfaltige, dafs wir die schroffsten Gegensätze einander gegenüber stehend finden.

Fast zwei Drittel der Insel bestehen aus einem hochgelegenen, hügeligen Granitfeld, einem ausgezeichneten Material, das namentlich an der Nordspitze — in dem Hammer-Gebiet — in grofsen Steinbrüchen verarbeitet wird. An dieses Granitlager schliefst sich nach Südwesten Sandstein, weiter nach Süden Schiefer- und Cementlager, den südlichen Teil bildet Flugsand. Der westliche Teil bis Hasle besteht aus einer Schicht von eisenhaltigem Sand, Lehm und Braunkohle. Namentlich ist der Lehm von so aufserordentlicher Feinheit, dafs er sowohl auf Bornholm selbst als auch auf dem Festlande zu den feinsten Terrakotta- und Majolika-Waren verarbeitet wird.

Die Kultur Bornholms ist eine sehr alte, und wenn man auch nicht mit Genauigkeit angeben kann, welches Volk die Insel zuerst bewohnte, so beweisen doch die zahlreichen Funde in den Dolmen und den Steinsärgen, dafs die Insel auf der westlichen Seite, von Hasle nach Süden, schon zur Steinzeit bewohnt war. Die enorme Anzahl von Gräbern läfst darauf schliefsen, dafs Bornholm schon im älteren Eisenzeitalter eine sehr starke Bevölkerung gehabt haben mufs, die, nach den

Beigaben der Gräber zu urteilen, ursprünglich arm, im mittleren Eisenzeitalter aber einen ansehnlichen Wohlstand hatte, den sie zu Ausgang des Heidentums wieder verlor. Zu den interessantesten Erinnerungen an die Vorgeschichte der Insel gehören die zahlreichen Runen-



Klippen-Partie bei Helligdomsgaard.

steine, die Bauta-Steine und die Helleristninger (Figurensteine), die ebenfalls auf ein sehr hohes Alter zurückblicken.

Entgegen der langen Urgeschichte Bornholms, die E. Vedel in einem vortrefflichen Werke (Bornholms oldtidsminder og oldsager, Kopenhagen 1886) bearbeitet hat, fliefsen die ersten geschichtlichen Quellen der Insel sehr spärlich. Genaue Nachrichten kann man erst auf das 3. und 4. Jahrhundert zurückführen, wo griechische Kaufleute ihre Waren aus Klein-Asien und Persien durch Rufsland bis zur

Ostseeküste brachten, von wo sie dann nach Skandinavien weiter befördert wurden. Dieser Handelsplatz mufs auch auf Bornholm seinen Einflufs geltend gemacht haben, denn Adam von Bremen berichtet in seiner Chronik, dafs Bornholm Dänemarks meist bekannter



Lyse-Klippen bei Helligdomsgaard.

Hafen und ein Ankerplatz der Schiffe griechischer Kaufleute sei, die in Rufsland Geschäfte vermittelten.

Ungefähr im Jahre 890 wird Bornholm als eine von einem eigenen Könige regierte und von einem wilden Volke bewohnte Insel genannt, bis sie, wahrscheinlich nach vielen Kämpfen, dem dänischen Königreiche einverleibt wurde. Jahrhunderte lange Kriege haben dann auf der Insel gewütet, Kriege, die mit der Einführung des Christentums zusammenhingen und Ende des 13. Jahrhunderts ein vor-

läufiges Ende dadurch erreichten, dafs die Insel in die Hände der Geistlichkeit fiel, die sie 300 Jahre in ihrem Besitz behielt.

Aus dieser Zeit stammen auch die interessantesten Bauten der Insel, die heute noch den Beschauer in hohem Grade fesseln; das sind Schlofs und Festung Hammershus, heute Ruinen, und die Rundkirchen, namentlich die Ny-, die Nylars-, die Ols- und die Osterlarskirche, die nicht nur kirchlichen, sondern in jenen Zeiten vornehmlich kriegerischen Zwecken dienten.

Eine neue Leidensgeschichte begann zur Zeit des 30jährigen Krieges, die in den Kämpfen zwischen Dänemark und Schweden ihren Ausdruck fand. Erst viele Jahre nach dem Friedensschlufs, nachdem die Bewohner unter der schwedischen Herrschaft bis an den Rand der Verzweiflung gebracht wurden, endete die Schreckenszeit mit einer definitiven Einverleibung Bornholms in Dänemark.

Wohl niemand, der auf dieser Insel weilt, wird es verabsäumen, der Ruine Hammershus, die heute noch, trotz ihres Verfalls, zu den imposantesten Burgruinen des Nordens zählt, einen Besuch zu machen. Trotzig schaut sie von dem Felskegel, auf welchem sie thront, weit in das Meer hinaus, aber auch nach der Landseite bietet sie einen prächtigen Anblick, indem sie aus zwei Felsthälern emporsteigt, dem Marienthal und dem Paradiesthal, die in ihrer wilden Romantik, in ihrer Ursprünglichkeit das urwüchsige Bild einer Mittelgebirgsscenerie geben, bei der noch keines Menschen Hand zur „Verschönerung“ nachgeholfen hat.

Zu Füfsen der Ruine, nach der Seeseite, liegen hochinteressante Felsbildungen und Höhlen; von den ersteren sind die „Löwenköpfe“, von den letzteren der „trockene und der nasse Ofen“ die bekanntesten. Sie bilden namentlich von der Wasserseite aus einen malerischen Anblick.

Fast noch schöner sind die Felsbildungen an der Nordspitze, freilich weniger bekannt, weil sie bequem eigentlich nur von der Wasserseite zu erreichen sind, während der Abstieg von der Landseite, namentlich durch die Kamine, an einigen Stellen ungemein schwierig und nicht ganz ohne Gefahr ist.

Die schönsten und imposantesten Felsmassen und Gruppierungen aber finden wir an der Nordostseite der Insel, an den Helligdoms-Klippen und weiter südöstlich in dem mächtig aufstrebenden Randkleveskaar. Unter den ersteren sind die Lyse-Klippen hervorzuheben, verwitterte Granitsäulen, ferner die Grotten, die der Sage nach mit den Grotten zu Füfsen von Hammershus in Verbindung stehen sollen,

während die Wand des Randkleveskaar durch ihre wilde Grofsartigkeit imponiert.

Unvergleichlich schön ist der Anblick all dieser Klippen und Felsen bei hohem Seegang, wenn die mächtigen Wogen sich heranwälzen und oftmals haushoch an dem Gestein emporspritzen, ein Schauspiel, das in wilden Sturmestagen sich zu einer gewaltigen elementaren Macht steigert.

Im Gegensatz zu dem wilden Charakter einiger Küstengebiete stehen die lieblichen Landschaftsbilder, die wir im Innern der Insel finden. Das Dyndal in der Nähe von Helligdomsgaard mit seinen rauschenden Wasserfällen, seinen romantischen Schluchten erinnert an die Mittelgebirgsthäler Deutschlands, während Almindingen, ein 75 qkm grofser Wald in der Mitte der Insel, wohl als der Glanzpunkt lieblicher landschaftlicher Schönheit zu bezeichnen ist: Wenn wir über die Gamleborg, einen mächtigen befestigten Ringwall, schreiten, kommen wir in das Ekkodal. Der Wald, der es eingrenzt, das saftige Grün des Thales, das von einem munter plätschernden Bach durchschnitten wird, alles das vereinigt sich zu einem prächtigen Gesamtbilde, und so wandern und klettern wir weiter. Teils natürliche, teils künstliche Treppen führen uns auf die Höhe des Felsens, bald geht es weiter über romantische Felsklüfte, bald durch sanfte Thalsenkungen zu dem Dronningesten, zu dem Rytterknaegt mit Kongemindet, einem Granitturm, von dem man, früher wenigstens, eine Aussicht über die ganze Insel hatte, die aber jetzt zu verwachsen droht.

Wer eine Segelfahrt von circa 3 Stunden bei günstigem Winde nicht scheut (nur selten ist die Gelegenheit zu einer Dampferfahrt), der möge es nicht versäumen, den nordöstlich von Bornholm gelegenen Felseninseln von Christiansöe, Frederiksholm und Grasholm, einen Besuch zu machen. Die verfallenen Festungswerke, die zur Zeit Christians V. von Dänemark eine Rolle spielten, bieten gegenwärtig ein eigenartiges Bild; namentlich imponiert heute noch der Festungsturm durch seine Massigkeit, während die sonstigen Baulichkeiten den Reiz in ihrem Verfall und ihrer malerischen Gesamtwirkung haben.

Fassen wir noch einmal das Gesagte kurz zusammen, so können wir Bornholm als eine der besuchenswertesten nordischen Inseln bezeichnen. Dem Altertums- und Geschichtsforscher bietet sie ein ebenso reiches wie interessantes Material, dem Naturfreunde eine Fülle auserlesener Genüsse, die noch durch das reine, gesunde und milde Klima erhöht werden.



August Winnecke.

Eine Lebensschilderung von Prof. **Wilhelm Foerster** in Berlin.

Ein Lebensbild dieses hochverdienten Astronomen, welcher am 2. Dezember 1897 starb, nachdem er schon im Jahre 1882 durch schwere Erkrankung gezwungen worden war, seine Stellung als Direktor der Kaiserlichen Sternwarte zu Strafsburg aufzugeben, wird auch in den weitesten Kreisen Interesse erregen, und zwar in Betracht sowohl der hohen wissenschaftlichen Bedeutung des Dahingeschiedenen, als seines eigentümlich ergreifenden Schicksals.

Winnecke war am 5. Februar 1835 zu Grofs-Heere bei Hildesheim geboren, wo sein Vater Pfarrer war. Er verlor sehr früh die Eltern und erhielt seine Erziehung auf dem Lyceum zu Hannover. Im Herbst 1853 begann er das Studium der Astronomie an der Universität Göttingen, übersiedelte dann im Herbst 1854 auf die Universität Berlin und erwarb dort im Sommer 1856 den Doktorgrad. Alsdann setzte er seine astronomische Thätigkeit zunächst auf der Sternwarte zu Bonn fort, von wo er im Frühjahr 1858 an die Sternwarte zu Pulkowa bei St. Petersburg berufen wurde. Nach siebenjähriger Thätigkeit, innerhalb derer er an dieser grofsen Sternwarte, obschon noch nicht dreifsigjährig, bis zum Vize-Direktor aufgerückt war und sich inzwischen auch verheiratet hatte, zwang ihn im Jahre 1865 ein schweres Leiden, seine Stellung aufzugeben und seine astronomische Laufbahn zu unterbrechen; hiermit trat zum ersten Male das Martyrium in Erscheinung, welches zunächst beinahe zwei Jahre hindurch dieses edle Leben trübte. Im Sommer 1867 erfolgte indes Genesung, und nun kamen fünfzehn Jahre einer wissenschaftlichen Thätigkeit höchsten Ranges, verbunden mit reinstem Familienglück. Dann aber im Jahre 1882 kehrte die Verdüsterung zurück und versenkte die folgenden fünfzehn Jahre bis zum Tode wieder in die Nacht schwermütigen Irrsinns.

Winnecke stammte aus einer Familie, in deren väterlicher Linie Zustände andauernder tiefer Melancholie nicht selten gewesen zu sein scheinen. Auch die letzten Lebensjahre seines Vaters waren wohl in ähnlicher Weise getrübt gewesen. Als im Jahre 1855 der Verfasser dieses Lebensbildes während gemeinsamer astronomischer Thätigkeit an der Sternwarte zu Berlin mit Winnecke näher befreundet wurde, war sich der geistesstarke und dabei lebensfrohe junge Mann, der schon in seinen letzten Schuljahren kompetente astronomische Arbeiten begonnen und in den ersten Universitäts-Semestern bereits eine merkwürdige Höhe astronomischen Wissens und Könnens erstiegen hatte, jenes Familienzuges zwar deutlich bewufst, aber mit der



ihm eigenen Klarheit des Urteils schien er daraus für sich selbst keine Befürchtung, sondern eher einen erhöhten Antrieb zu entnehmen, seine Seele an der Herrlichkeit exakter Geistesarbeit und kosmischen Erkennens zu stählen. Dies schien ihm auch in den Studienjahren und in den ersten Jahren seiner reichen Thätigkeit an der Sternwarte zu Pulkowa in vollem Mafse zu gelingen; denn während nahezu zwölf Jahren war seine Arbeitskraft auf beobachtendem wie auf rechnerischem Gebiete, neben fortgehenden theoretischen und historischen Studien, geradezu unbegrenzt, und seine ganze Lebenshaltung war dabei trotz zarter Gesundheit von einer aufserordentlichen Freudigkeit. Nur nach der Seite vielartiger und verantwortlicher Verwaltungsgeschäfte hielt er sich leicht für unzureichend. Als er nun im Herbste 1864 in Pulkowa mit der andauernden Vertretung des abwesenden erkrankten Direktors betraut wurde, und als sich gerade in dieser Zeit einige unerwartete und peinliche Verwaltungsschwierig-

keiten entwickelten, begannen seine Briefe an die Freunde auf einmal deutliche Anzeichen melancholischer Anwandlungen zu enthalten. Dieselben steigerten sich allmählich derartig, dafs er sich schliefslich gezwungen fühlte, seine dortige Stellung aufzugeben und Hilfe in deutschen Nerven-Heilanstalten zu suchen. In dieser Zeit hat ihm der Unterzeichnete besonders nahe gestanden und die Möglichkeit gehabt, in diese Leidenszustände eines ungewöhnlich starken und reichen Geistes nähere Einblicke zu thun. Darlegungen aller dieser Eindrücke würden an vorliegender Stelle zu weit führen und müssen daher anderweitiger Gestaltung vorbehalten bleiben. Ich möchte nur folgende Bemerkungen nicht zurückhalten: Der Gedanke an erbliche Belastung hatte bei dem Leidenden selber und auch bei den sehr bedeutenden Ärzten, von denen er damals beraten und behandelt wurde, keine andere erhebliche Bedeutung, als dafs er die Zuversicht auf eine schliefsliche Überwindung des Leidens stärkte.

Winnecke selber erklärte bei vertrauten Unterredungen in den völlig lichten Zeiten zwischen dauernden stärkeren Benommenheiten durch Wahnvorstellungen einmal mit grofser Bestimmtheit, dafs ihm der Gedanke an eine gewisse erbliche Gefährdung stets als ein Beitrag zur Erhöhung seiner Willensstärke bei allen inneren Kämpfen erschienen sei; er habe sich dabei immer als ein besonders berufener und verantwortlicher Vertreter der sittlichen Gegenwirkungen der Menschheit gegen die Abhängigkeiten und Unvollkommenheiten gefühlt, die unsere Stellung mitten in der Natur uns auferlege.

Die Überwindung der im Jahre 1865 eingetretenen mit Wahnvorstellungen verbundenen Zustände von tiefer Melancholie gelang dem trefflichen Arzte Dr. Hertz in Bonn, der dem Kranken ein sehr lieber Freund wurde, in feinsinnigstem Anschlusse an jene besondere klare und tiefernste Geistesverfassung des Leidenden, welche auch eines geistvollen Humors nicht entbehrte, sobald nur der schwerste Druck nachliefs.

Nachdem im Sommer 1867 Winnecke, körperlich gestärkt und die Seele von erhöhter Lebenszuversicht geschwellt, aus der Behandlung des Bonner Arztes zu seiner Gattin und in den Kreis der Freunde und Kollegen zurückgekehrt war, vermied er es zunächst, gemäfs dem Rate des ärztlichen Freundes, sich in irgend welche Komplikationen vielartiger Pflichten mit anstrengenden wissenschaftlichen Arbeiten zurückzubegeben. In den ersten fünf Jahren dieser seiner neuen Blüte- und Ernte-Zeit lebte er, da seine Vermögenslage ihm das glücklicherweise gestattete, als Privatmann in Karlsruhe, mit

der Bearbeitung eigener bisheriger Messungen, sowie mit umfassenden Studien, allmählich auch wieder in stärkerem Maſse mit neuen Himmelsbeobachtungen, besonders im Gebiete der Lichtschwankungen der Sterne beschäftigt. Zuletzt war es ihm dort sogar gelungen, mit gütiger Förderung von seiten des Groſsherzogs, innerhalb einer der groſsherzoglichen Park-Anlagen eine kleine Sternwarte einzurichten. Da erging, zur Freude aller Fachgenossen, im Jahre 1872 der Ruf an ihn, an der neu errichteten Universität zu Straſsburg den Lehrstuhl der Astronomie und die Leitung der Sternwarte zu übernehmen. Er durfte sich jetzt als hinreichend gefestigt erachten, diesem Rufe zu folgen, wobei für ihn und die Fachgenossen die Aussicht von groſser Bedeutung war, daſs ihm die Neubegründung einer gröſseren und vollkommeneren Sternwarte an Stelle der unzureichenden astronomischen Einrichtungen, welche von dem früheren Regime her in Straſsburg vorhanden waren, anvertraut werden würde. Die Fachgenossen hatten die Zuversicht, daſs eine solche Aufgabe in keine fähigeren und würdigeren Hände gelegt werden konnte, als in diejenigen Winneckes.

Und die Hoffnung trog nicht. Mit groſser Liberalität wurden vom deutschen Reiche die Mittel gewährt, um in Straſsburg eine Sternwarte von einer Vollkommenheit der Einrichtungen ins Leben zu rufen, wie sie Deutschland bis dahin noch nicht besaſs, und wie sie auch im Auslande noch nicht erreicht ist, wenn man von der gröſseren Länge einzelner Fernrohre an einigen Stellen im Auslande absieht. Dieses groſse Werk trug nun bis ins Einzelne hinein, unter förderlicher Mitwirkung eines ausgezeichneten Architekten, das Gepräge von Winneckes Geisteseigenschaften, nämlich hoher Kompetenz in betreff der Kenntnis und Beurteilung der bisherigen Leistungen und Einrichtungen und sinnreicher Eigenart bei der Aufsuchung neuer Wege der Verbesserung.

Im Spätsommer 1881 sollte der vollendete herrliche Bau nun einer Versammlung der internationalen astronomischen Gesellschaft vorgeführt werden. Im vorhergehenden Winter traf unsern Winnecke ein furchtbar harter Schlag. Sein ältester Sohn, im Alter von etwas mehr als 12 Jahren, ein hochbegabter blühender Knabe, ertrank beim Schlittschuhlaufen. Aufs tiefste erschüttert, wurde der Vater doch über dieses grausame Schicksal emporgehoben und in fester Pflichterfüllung aufrecht erhalten durch die Fürsorge für die Vollendung der Sternwarte und für den glänzenden Empfang, den man für die Versammlung der Fachgenossen aus allen Ländern vorbereitete. Groſs-

artig verlief dieser Empfang, und allgemeinste dankbare Anerkennung wurde dem grofsen Werk und seinem geistigen Schöpfer zu teil, der auch noch durch andere Leistungen und seit 1872, gemeinsam mit seinem Jugendfreunde Prof. Auwers in Berlin, auch durch die Vorbereitung und die Organisation der deutschen Expeditionen für die Beobachtung der Venus-Durchgänge von 1874 und 1882 sich hohe Verdienste erworben hatte.

Ein Höhepunkt des Menschenlebens, wie er nicht vielen Menschen zu teil wird, war von Winnecke erreicht, allerdings gleichzeitig für den Vater mit dem Trauerflor eines unsäglichen Schmerzes umhüllt.

Es war zugleich ein Höhepunkt des Lebens für seine Freunde und seine Fachgenossen, zu sehen, wie dieser geistesstarke, reine und gute Mann, in aller seiner Schlichtheit und Zartheit des Auftretens, als ein Held dastand, als ein Sieger über die schwersten Schicksale dieses Lebens. Dafs diese Fülle der Leistungen und Erfolge, diese Solidität und Gröfse der Stellung im Leben von ihm in jenen glänzenden fünfzehn Jahren erreicht werden konnte, das war besonders für diejenigen, die seinen inneren Nöten und Kämpfen in der vorangehenden Zeit der Trübung seines Seelenlebens nahe gestanden hatten, ein Trost ohne gleichen für die anscheinend so furchtbare Abhängigkeit des Menschen von den Naturgewalten.

Wenn auch der grofse Sieg, der in dem Leben dieses Menschen über jene Gewalten errungen worden war, an sich nur eine vereinzelte Erscheinung und auch nur ein vorübergehender war, wie in dem Menschenleben alles von begrenzter Dauer ist, so lag doch in diesem Einzelfall vieles so unbeschreiblich Vorbildliche und Verheifsungsvolle verborgen, dafs auch das trauervolle Ende, welches nun sehr bald nach der Erreichung jenes Höhepunktes über dieses Leben eines echten Denkers und Forschers hereinbrach, den tröstlichen und erhebenden Eindruck des ganzen Lebens nicht erschüttern kann.

Das Gemeinschaftsleben versäumte es nur, in diesem Falle, wie bei so vielen anderen Lebensentwickelungen, rechtzeitig und mit feinerem Verständnis statt mit blofser Anerkennung seine Schuldigkeit gegenüber dem hervorragenden einzelnen zu thun. Statt dafs nach jener Versammlung den in der ganzen Reihe von Vorgängen, einschliefslich des ergreifenden Trauerfalles, enorm beanspruchten Geistes- und Willenskräften längere wohlthuende Entspannung und Beruhigung gewährt wurde, trat das Verhängnis ein, dafs ihm jetzt das Rektorat der Universität übertragen wurde. Vielartige Geschäfte und persönliche Verantwortlichkeit ungewohnter und zum Teil polemischer

Art waren es ja auch gewesen, die in Pulkowa das erste Erliegen seiner Geisteskraft gegenüber den melancholischen Anwandlungen herbeigeführt hatten. Nun war das Mafs voll. Die alte Verdüsterung fing an, wieder von der Seele Besitz zu ergreifen, und er entschlofs sich, wieder zu dem ärztlichen Freunde in Bonn zu pilgern, der ihm aufs neue zur Klärung und Beruhigung helfen sollte. Aber er sollte nicht wieder ins volle lichte Leben zurückkehren. Wie es scheint war besonders auch das jähe Ende des geliebten Sohnes in der erneuten Trübung der Vorstellungen ein Element von verhängnisvollster unüberwindlicher Störungswirkung geworden.

Dem vorstehenden Lebensbilde möchte ich nun noch einige kurz zusammenfassende Darlegungen in Betreff der wissenschaftlichen Thätigkeit von August Winnecke anschliefsen. Als er den Schauplatz seiner glänzenden Thätigkeit für immer verliefs, war er als einer der leitenden Geister der Astronomie seines Zeitalters gefeiert. Wer nicht innerhalb der astronomischen Arbeit dieser Zeit mitgewirkt hat, wird die naheliegende Frage thun, welche grofsen Ergebnisse oder Entdeckungen denn die Unterlage dieser hohen Stellung Winneckes gewesen sind. Die Frage ist dahin zu beantworten, dafs irgend eine der epochemachenden Entdeckungen, bei denen meistens glückliche Verbindungen von äufseren Umständen ebenso stark oder noch stärker mitwirken, als Verdienst und Begabung, unserem Winnecke nicht zugefallen ist. Auch ist es ihm nicht beschieden gewesen, seine gewaltigen Arbeitsleistungen auf einem bestimmten Forschungsgebiete innerhalb der Astronomie so zu konzentrieren, dafs weitreichende Aufhellungen allein oder weit überwiegend seiner Geisteskraft verdankt und demgemäfs seinem Namen zugeeignet worden wären. Es ist z. B. neben seinem ganzen Lebenswerke kaum davon zu reden, dafs er auch eine nicht geringe Anzahl von Kometen entdeckt hat. Viel, viel wichtiger sind seine überaus reichen, feinen und förderlichen Messungen an mehreren der merkwürdigsten Kometen-Erscheinungen geworden. Aber das Charakteristische seiner Thätigkeit war überhaupt, dafs er in dem eigentümlich vielartigen Entwickelungsstadium der Astronomie, in welches sein Leben fiel, überall, wo es galt, mit kritischer Messung und vertiefender Gedankenarbeit förderlich einzugreifen, sich völlig selbstlos, und ohne irgenwie an persönliche Erfolge zu denken, einfach in Reihe und Glied der übrigen Arbeiter stellte, dabei aber durch die Meisterschaft seiner Mitarbeit sofort die Entwickelungsstufe der bezüglichen Arbeit und der Mitarbeiter selber emporhob. Dafs anhaltende Darbietung edelster

Leistungen dieser Art allmählich unter den Fachgenossen eine wahre Begeisterung für diese hohe, mit echt kollegialer Schlichtheit gepaarte Meisterschaft erweckte, dürfte nun verständlich sein.

Er beteiligt sich unter anderm an der Messung und Berechnung von Doppelstern-Bewegungen. Schon seine Doktor-Dissertation, welche dieses Gebiet behandelt, zeigt ihn in demselben als Meister der Messung und theoretischen Bearbeitung. Er beteiligt sich während der Universitätsstudien an der Beobachtung und Berechnung der Bewegungen der sogenannten kleinen Planeten. Auch hier wird die kleinste Arbeit ein Musterstück. Ein älteres kleines Instrument der Berliner Sternwarte, welches ihm vorübergehend anvertraut wird, liefert ihm sofort wichtige Ergebnisse in Betreff der Abplattung des Planeten Mars. Das Heliometer der Bonner Sternwarte, dessen feinere Messungs-Einrichtungen noch unerprobt geblieben waren, verwertet der junge Volontär sofort zu einer Bestimmung von Fixstern-Entfernungen, die sich würdig an Bessels bahnbrechende Arbeiten auf diesem Gebiete anschliefst. Er übernimmt es sodann in Pulkowa, um die Zeit einer besonderen Nähe des Planeten Mars im Jahre 1862, ein Zusammenwirken der Astronomen aller Erdteile für korrespondierende Beobachtungen dieses Planeten zu organisieren. Dies geschieht mit solcher Sachkenntnis und Umsicht, dafs das Gesamt-Ergebnis epochemachend wird, indem es die Zweifel an der Genauigkeit der bisherigen Bestimmung der Sonnen-Entfernung entscheidend bestätigt und Sinn und Gröfse der Verbesserung sofort mit gröfserer Annäherung als bisher ergiebt. In Karlsruhe widmet er auch den Mafsbestimmungen der Veränderlichkeit des Lichtes der Fixsterne eine reiche Mitarbeit, welche für die Ausbreitung der Beteiligung an diesem Forschungszweige weiterhin höchst förderlich wird.

In Strafsburg treten dann neben den grofsen Leistungen, die in der Errichtung der neuen Sternwarte gipfeln, auch die Eigenschaften eines unvergleichlich wirksamen Lehrers und Führers der jüngeren Astronomen hervor, die er auch bei der Einübung der zur Beobachtung der Venus-Durchgänge zu entsendenden Kräfte förderlichst bethätigt. Ich breche ab, um nicht zu ermüden. Ist es zuviel, wenn ich von dem Gesamt-Eindruck dieses Lebens sage: „Trotz schweren Leidens war es ein hochbeglücktes und für viele eine hochbeglückendes“!



Die bisher stärkste Eigenbewegung eines Fixsterns.

Professor Kapteyn in Groningen, der kürzlich den ersten Band seiner „Südlichen Durchmusterung“ der Fixsterne bis zur 10. Gröfse, die er auf Grund der Ausmessung von auf der Cap-Sternwarte erhaltenen photographischen Aufnahmen durchgeführt hat, veröffentlichen konnte, hat aufser der Belohnung, die das Bewufstsein einer glücklich zu Ende geführten enormen Arbeitsleistung gewährt, den sehr verdienten Lohn einer wichtigen Entdeckung erhalten. Er fand, dafs ein schwacher Stern 8. Gröfse am südlichen Himmel (Rektascension 5^h 7^m, Deklination — 45°) die alle bisher bekannten übertreffende Eigenbewegung von jährlich 8″7 besitzt (in Rektascension + $0.^s621$, in Deklination — 5″70). Die stärksten Eigenbewegungen, die man bis dahin kannte, besitzen die Sterne 1830 Groombridge mit 7″0, Lacaille 9352 mit 6″9 und der Doppelstern 61 Cygni mit 5″2.

Das sind Eigenbewegungen von einem solchen Betrage, dafs damit der Begriff eines Fixsterns eigentlich verschwindet. Ist doch besonders für den Kapteynschen Stern die Bewegung so grofs, dafs die durch sie bedingte Ortsveränderung innerhalb eines Zeitraums von 10 bis 20 Jahren mit blossem Auge zu erkennen sein würde, wenn der Stern überhaupt ohne Fernrohr sichtbar wäre.

Die Astronomen der südlichen Halbkugel werden zweifellos dem Kapteynschen Stern ihre besondere Beobachtungsthätigkeit zuwenden und vor allen Dingen untersuchen, ob derselbe eine grofse Parallaxe besitzt, d. h. ob er uns verhältnismäfsig nahe ist und daher nur scheinbar eine so grofse Bewegung hat, während sie in Wirklichkeit nicht abnorm grofs zu sein braucht. Bei der geringen Helligkeit des Sterns ist übrigens eine grofse Nähe nicht sehr wahrscheinlich; es können ähnliche Verhältnisse vorliegen, wie bei dem schon erwähnten Sterne 1830 Groombridge, der eine kleine Parallaxe hat und daher thatsächlich mit der enormen Geschwindigkeit von mindestens 300 km in der Sekunde den Weltraum durcheilt. Einen Begriff von einer solchen Geschwindigkeit kann man sich nur machen, wenn man bedenkt, dafs die gröfsten Geschwindigkeiten, die man künstlich herstellen kann, nämlich diejenigen von Büchsen- und Kanonengeschossen, noch nicht 1 km in der Sekunde erreichen. Von der Ursache solcher Geschwindigkeiten weifs man noch gar nichts; wir können derartige Sterne eigentlich nur als Gäste unseres Sternsystems betrachten, die dasselbe nach verhältnismäfsig kurzen Zeiträumen auf Nimmerwiedersehen verlassen.

Binnen Jahresfrist wird man wahrscheinlich über die wahre

Geschwindigkeit des Kapteynschen Sterns einigermafsen im Klaren sein. Sch.



Diamanten von Wisconsin. Im Neuen Jahrbuche berichtet W. H. Hobbs über einige Funde von schönen, grofsen, weingelben oder farblosen Diamanten im Staate Wisconsin. Die Fundpunkte liegen sämtlich in der Endmoräne des sogenannten Greenbay-Gletschers der letzten Eiszeit, und die Diamanten sind offenbar als Geschiebe an ihren heutigen Ort gelangt. Wenn man mit Hilfe der Glazialschrammen auf dem anstehenden Gestein den gemeinsamen Ursprungsort dieser Diamanten zu ermitteln sucht, so kommt man mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit auf das am Westufer des Michigansee gelegene Manomineegebiet, wo basiche Eruptivgesteine in Kalksteinschichten auftreten. Das würde auf eine Analogie des Vorkommens mit den südafrikanischen Diamantlagerstätten hinweisen. Ein zweiter Diamantfundort liegt südlich vom Oberen See am Plumcreek, und auch hier weisen die Richtungen der Schrammen auf eine Herkunft aus einem Gebiete mit ähnlichen geologischen Verhältnissen am Nordrande des Oberen Sees am Pigeon-Flusse. Beide wahrscheinlichen Ursprungsgebiete sind geologisch noch wenig durchforscht, aber die Aussicht auf weitere Diamantenfunde, und zwar aus dem Anstehenden dieses Vorkommens, ist geeignet, den praktischen Wert der Beobachtungen von Gletscherschrammen zu zeigen. K.



Entnahme von mineralischen Nährstoffen durch die Pflanzenwelt. Über die ungeheuren Massen von mineralischen Nährstoffen, die durch die Vegetation Jahr aus Jahr ein dem Boden entzogen werden, hat Woldrich interessante Untersuchungen in Bezug auf das Böhmische Gebiet veröffentlicht. Nach ihm entnehmen die Feldpflanzen in Böhmen dem Erdboden jährlich mindestens 563 Millionen Kilogramm mineralischer Stoffe, die Wiesen und Weiden mindestens 274 Millionen Kilogramm, die Wälder und Gärten mindestens 25 Millionen Kilogramm, die gesamte Pflanzendecke Böhmens daher mindestens 862 Millionen Kilogramm. Derselbe Autor berechnet die Menge der in Lösung oder schwebend jährlich durch die Elbe aus Böhmen hinausgeführten anorganischen Stoffe auf 19047,7 Millionen Kilogramm. K.





Verzeichnis der der Redaktion vom 15. Dezember 1896 bis 15. Januar 1897 zur Besprechung eingesandten Bücher.

Astronomisch-geodätische Arbeiten (Veröffentlichungen der Königl. Bayerischen Commission f. d. intern. Erdmessung) Heft 2: 1. Azimutbestimmungen auf den Stationen Irschenberg, Höhensteig, Kampenwand und München (Sternwarte). 2. Neue Polhöhenbestimmungen auf der Station Kampenwand.

Fortschritte der Physik im Jahre 1896. Dargestellt von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 52. Jahrgang, III. Abteilung: Richard Assmann, Kosmische Physik. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1897.

Meyer's Konversations-Lexikon, Fünfte Auflage, Band 16 und 17. Leipzig, Bibliographisches Institut.

Meyer, R., Die absoluten Mafs-Einheiten. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn.

Sichtenoth, Alb., Untersuchungen über die Bahn des Kometen 1822 IV, Leipzig, Wilh. Engelmann, 1897.

Slaby, A., Die Funkentelegraphie. Mit 22 Abbildungen und zwei Karten. Berlin, Leonh. Simon, 1897.

Veröffentlichungen des hydrographischen Amtes in Pola.
Gruppe II: Beobachtungen des Jahres 1896.
Gruppe III: Relative Schwerebestimmungen durch Pendelbeobachtungen.
Gruppe VI: Erdmagnetische Reisebeobachtungen.
Gruppe V: Geschichtliche Darstellung der Entwicklung des k. k. hydrographischen Amtes Pola, 1897.

Vogel, H. W., Handbuch der Photographie. Vier Teile enthaltend die photographische Chemie, Optik, Praxis und Kunstlehre. III. Teil: Die photographische Praxis, Abteilung I. Mit 207 Illustrationen im Text. Vierte gänzlich umgearbeitete verbesserte und vermehrte Auflage. Berlin, Gust. Schmidt, 1897.

Wüllner, Ad., Lehrbuch der Experimentalphysik. Fünfte vielfach umgearbeitete und verbesserte Auflage. III. Band. Die Lehre vom Magnetismus und von der Elektrizität. Mit einer Einleitung: Grundzüge der Lehre vom Potential. Mit 341 in den Text gedruckten Abbildungen und Figuren. Leipzig, B. G. Teubner, 1897.

Parzer-Mühlbacher: Photographische Aufnahme und Projektion mit Röntgenstrahlen. Berlin 1897, Verlag von Gustav Schmidt. Preis 1.80 M.

Das vorliegende Heft giebt eine gewifs vielen Liebhabern sehr willkommene Anleitung, mittelst der Influenz-Elektrisiermaschine Röntgenstrahlen zu erzeugen und deren Wirkung photographisch zu fixieren. Gegenüber einem Funken-Induktor stellt sich der Anschaffungspreis einer Influenzmaschine verhältnismäfsig billig, und bei der neueren Vervollkommnung der Röntgenröhren und Fluorescenz-Schirme sind die damit zu erzielenden X-Strahlen hin-

reichend kräftig. Zum Antrieb der Maschine empfiehlt Verf. einen Heifsluftmotor. Acht auf gutem Papier reproduzierte Aufnahmen zeigen, was für treffliche Resultate sich nach der Methode Parzer-Mühlbachers erreichen lassen. F. Kbr.

Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik und Meteorologie. 9. Aufl., bearbeitet von Prof. Dr. Pfaundler unter Mitwirkung des Prof. Dr. Lummer. II, 1: Optik. Braunschweig 1897. Verlag von Fr. Vieweg & Sohn. Preis 18 M.

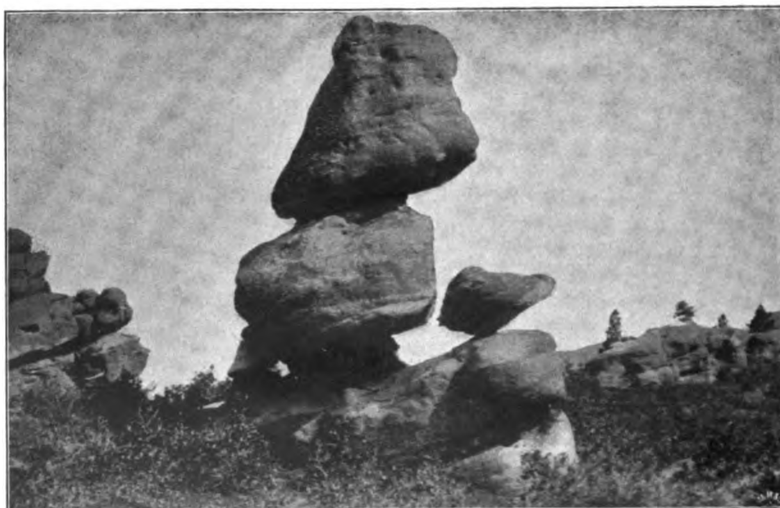
Durch den vorliegenden Band kommt die neunte Auflage des allbekannten und durch ganz besondere Vorzüge ausgezeichneten Werkes nach einer längeren Pause ihrem Abschlufs wesentlich näher. Mit Freude bekennen wir, dafs sich diesmal das Sprichwort „Was lange währt, wird gut“ in vollem Umfange bewährt hat. Es sind in dem vorliegenden Bande nicht blofs wiederum die Apparate und experimentellen Forschungen in den Vordergrund gestellt und die klare Darstellung durch treffliche und zahlreiche Illustrationen unterstützt, sondern durch die Heranziehung einer so bewährten Kraft, wie es Prof. Lummer auf dem Gebiete der Strahlungen ist, hat der optische Band gegenüber der früheren Auflage eine eminente Förderung erfahren. Dieselbe giebt sich schon in der Anschwellung auf fast den doppelten Umfang zu erkennen; ein näherer Vergleich zeigt aufserdem, dafs die geometrische Optik auf einer viel breiteren Basis von Grund aus neu aufgebaut worden ist, wobei auch die photographische Optik gebührend beachtet wurde. Dafs dabei die epochemachenden Darstellungen Abbes in weitgehendem Mafse berücksichtigt worden sind, bewirkt im Verein mit den deutlichen Figuren, bei denen verschiedenfarbige Strahlengänge stets auch in den betreffenden Farben gezeichnet sind, eine Durchsichtigkeit des an sich für den Anfänger so schwierigen Gebietes, welche nichts zu wünschen übrig läfst. Auch ist es höchst lobenswert, dafs die graue Theorie hier und da durch völlig durchgerechnete Zahlenbeispiele (wie z. B. bei der Berechnung eines zweilinsigen Objektivs) gehörig verarbeitet wird. — Hoffentlich erscheint der diese Auflage des „Müller-Pouillet“ komplettierende Band über die Wärme in recht kurzer Zeit; die früher erschienenen Bände der vorliegenden Auflage könnten sonst inzwischen gar zu sehr veralten. F. Kbr.

Von einzelnen Abonnenten dieser Zeitschrift ist bei der Redaktion der Wunsch nach Veröffentlichung monatlicher Übersichten über die Erscheinungen am Sternhimmel ausgesprochen worden. Hierzu erlaubt sich die Redaktion zu bemerken, dafs derartige monatliche Ephemeriden in den älteren Jahrgängen I—III gebracht worden sind, mit dem IV. Jahrgang aber die Fortführung derselben eingestellt wurde, weil die „Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik“ es übernommen hatte, für die Orientierung am Himmel durch monatliche Mitteilungen in ihrem Organ zu sorgen. Die von dem Direktor der Königlichen Sternwarte zu Berlin, Professor Foerster, herausgegebenen Monatshefte der Vereinigung werden den Mitgliedern kostenlos geliefert und können aufserdem durch die Verlagsbuchhandlung von Ferd. Dümmler in Berlin bezogen werden. Die Redaktion von „Himmel und Erde“ wird jedoch gern die ihr zugegangenen freundlichen Vorschläge in Erwägung ziehen und sich darüber schlüssig werden, in welcher Form am besten den diesbezüglichen Wünschen der Abonnenten entsprochen werden kann.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Säulengänge im Sandstein des Rio Grande.
(Aufgenommen durch die Geologen der U. S. Geolog. Survey.)



Sandsteinfelsen im Perry-Park (Colorado.)
(Aufgenommen durch die Geologen der U. S. Geolog. Survey.)



Darwinismus und Descendenzlehre.

Von **Prof. Dr. Otto Jaekel** in Berlin.

Seit dem Erscheinen von Charles Darwins Buch über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl sind jetzt nahezu 4 Jahrzehnte vergangen.

Der Stein, der damit in den See menschlicher Vorstellungen fiel, schlug in diesem gewaltige Wellen und rührte den Bodensatz der ersten Jahrtausende menschlichen Denkens von Grund aus auf. Es gab in der That keine die Menschheit tiefer bewegende Frage, die nicht durch die neuen Vorstellungen von neuem bewegt wurde. So wurden alle Kreise der Gebildeten, und nicht zum wenigsten bei uns in Deutschland für oder gegen den Darwinismus interessiert. Jede Zeitung nahm je nach ihrer religiösen oder sozialen Färbung ihren Standpunkt zu der neuen Lehre ein. Noch ungleich gröfser war aber die Wirkung auf die nächstbeteiligten Kreise der Naturforscher. Während der Schwerpunkt der Forschungen bisher auf der Beobachtung realer Objekte und einzelner Vorgänge lag, fing man nun an, die bisher isolierten Begriffe mit einander zu verbinden und den entwicklungsmäfsigen Zusammenhang der Formen zu ermitteln. Nicht alle Naturforscher nahmen an diesem Umschwung teil, viele schalten und wetterten gegen die phantastischen Theoretiker, aber die geistesfrischen Elemente, allen voran unser Landsmann E. Haeckel, und der ganze junge Nachwuchs nahmen begeistert die neuen Lehren auf, die, ob sie wahr oder falsch waren, doch das unvergleichlich Gute hatten, dafs sie zum Denken anregten und der Beobachtung neue Bahnen wiesen. Suchte man bisher die Thatsachen als solche festzustellen, so suchte man nun das Warum ihrer Entstehung zu ergründen. Bei der unendlich zu nennenden Komplikation aller or-

ganischen Erscheinungen mufs die Ermittlung von Ursache und Wirkung auf diesem Gebiet eine der schwersten aber auch anregendsten Aufgaben geistiger Arbeit sein.

Seit einer Reihe von Jahren ist es hierüber in den weiteren, der Naturforschung ferner stehenden Kreisen stiller geworden, aber auch in der Wissenschaft hat sich die erste Aufregung gelegt, und so ist es wohl angezeigt, einmal einen Blick auf die inzwischen geklärten Wirkungen der neuen Lehre zu werfen.

Als erstes und wichtigstes Ergebnis dieser Klärung möchte ich die Erkenntnis bezeichnen, dafs Darwinismus und Descendenzlehre zwei ganz verschiedene Begriffe sind, die in ihrer Beurteilung scharf auseinander gehalten werden müssen.

Der Begriff der Descendenz läfst sich in sehr verschiedener Weise verständlich machen. Er bedeutet zunächst nur, dafs die organischen Formen auf dem Wege der Abstammung von anderen herstammen, nicht aber durch einen besonderen Schöpfungsakt geschaffen sind. Da nun aber die organischen Formen eine ungeheure Fülle von Verschiedenheiten darbieten, liegt es im Begriff der Descendenz, dafs sich diese sichtbaren Unterschiede während des historischen Entwicklungsprozesses der Individuen eingestellt haben müssen und durch die besonderen Umstände dieses Prozesses veranlafst wurden. Streng genommen ist diese Entstehung von Verschiedenheiten nur eine Begleiterscheinung der Descendenz, die auch ohne dieselbe denkbar wäre. Wenn wir diese Möglichkeit ausdenken, würden alle Organismen einander gleich sein oder wenigstens so ähnlich, wie Geschwisterindividuen es im allgemeinen sind. Wenn so alle im wesentlichen dieselbe Organisation hätten, müfste diese noch genau auf der Bildungsstufe der ersten Organismen stehen. Dafs diese unvergleichlich einfacher gewesen sein müssen, als alle Organismen, die wir jetzt kennen, darüber herrscht nur eine Ansicht. Wie sie aber im besonderen beschaffen sein mochten, darüber werden wir freilich nie etwas Zuverlässiges erfahren, da sie jedenfalls noch keine Skeletteile besafsen, die in den Erdschichten fossil erhaltungsfähig gewesen wären. Es wird auch theoretisch über diese Vorstellung keine Einigung zu erzielen sein, da die Ansichten darüber weit auseinandergehen, welche Eigenschaften man als wesentlich und unerläfslich für den Begriff des Lebens ansehen, und wo man demgemäfs in einer theoretischen Entwickelungsreihe den Beginn des organischen Lebens setzen solle.

Wenn wir bei dieser Frage von speculativ-philosophischen Einwänden absehen und auch für die ersten Organismen nur die Natur

als Schöpferin annehmen, können wir den Mutterboden für die Entwicklung organischer Lebensprozesse nur in der nächst einfacheren Stufe irdischer Stoff- und Kraft-Erscheinungen suchen, die wir als anorganisch bezeichnen. Es würde an dieser Stelle zu weit führen, auf das Wesen organischer Substanz näher einzugehen, ich möchte nur folgendes betonen. Es ist erwiesen, dafs organische Verbindungen die höchste Komplikation anorganischer Materie und chemischer Prozesse darstellen, und dafs letztere nicht unterbrochen werden können, ohne dafs die Materie chemisch zerfällt. Der so von Anfang an in Bewegung befindliche Stoff mufs ferner dadurch ausgezeichnet sein, dafs er seiner Umgebung gegenüber eine funktionelle Selbständigkeit besitzt, dafs also die in ihm zum Austrag kommenden Prozesse auf funktionellen Einheiten, die wir als Individuen bezeichnen, lokalisiert sind. Aus anorganischen in Bewegung begriffenen Körpern geht die Kraft schnell in die Umgebung heraus; wenn das in organischen Körpern nicht der Fall ist, so mufs eine ihrer elementarsten Eigenschaften darin beruhen, die Kraft für die individuellen Funktionen in sich zurückzuhalten.

Für diesen Zweck finden wir in allen Organismen besondere Einrichtungen darin, dafs die äufsere Wand Stoffe enthält, die wir als schlechte Wärmeleiter kennen. Nun bieten diese aber keinen absoluten Schutz gegen die Verteilung der Wärme; zur dauernden Unterhaltung des organischen Lebens gehört also eine fortgesetzte Zufuhr von Kraft, die für unsere Erde einerseits von der Sonne geliefert wird, andererseits von dem noch unverbrauchten Rest der inneren Erdwärme herrührt. Da nun die letztere an der Oberfläche der Erde normal d. h. von besonderen Verhältnissen vulkanischer Gebiete abgesehen unter dem Gefrierpunkt liegt, kommt für die Unterhaltung des organischen Lebens wesentlich nur die Zufuhr seitens der Sonne in Betracht. Die letztere hat nun die Eigentümlichkeit, dafs sie während der Nacht ausbleibt. Der hierin liegende Nachteil für Prozesse, die Dauer haben sollen, wie die Lebensleistung der Organismen, wird von diesen allgemein dadurch ausgeglichen, dafs sie durch besondere Prozesse ihre Eigenwärme selbstthätig steigern, um dadurch ihren Verbrauchsvorrat für eine Unterbrechung der Wärmezufuhr ausreichend zu gestalten. Der häufigste Prozefs dieser Art ist die Verbrennung mit Sauerstoff, die wir in weitester Verbreitung im Tier- und Pflanzenreich eingeführt sehen. Wie wichtig die Wärmezufuhr ist, ersehen wir daraus, dafs ihrem fortgesetzten Mangel kein Organismus widerstehen kann. Der durch die Verbrennung bedingte Ver-

brauch an Material wird durch Aufnahme von fremdem Material ausgeglichen — dieser Prozefs der Ernährung ist daher ebenso verbreitet und wichtig für das organische Leben wie die Wärmesteigerung durch Verbrennung bezw. die dazu eingerichtete Atmung. Wir sehen in der Gegenwart keine niedersten Organismen mehr entstehen und können uns leicht vorstellen, dafs solche auch nicht in der Lage wären, die ihnen am Tage zugeführte Kraft während der nächtlichen Abkühlung in sich zurück zu halten. In einem bestimmten Zeitpunkt der Erdgeschichte mufs das aber anders gewesen sein, als die Erde erst so weit abgekühlt war, dafs die Sonnenwärme an ihrer Oberfläche kaum in Betracht kam, als auch während der Nacht die Wärme an der Erdoberfläche so grofs war, dafs sie zur Unterhaltung des Lebens ausreichte. An den Polen mufs die gleichmäfsige Unterhaltung komplizierter Prozesse in dieser Zeit am günstigsten gewesen sein, da die Sonnenwärme hier am Tage die Wärme nur unerheblich über die normale Lokaltemperatur steigerte.

Da das Wasser in allen organischen Verbindungen eine grofse Rolle spielt, so können Organismen nicht früher entstanden sein, als bis sich die Temperatur dauernd unter dem Siedepunkt des Wassers hielt. Da wir andererseits niederste Pflanzen wie Kalkalgen in heifsen Quellen in grofser Hitze leben sehen und Bakterien eben nur in der Siedetemperatur des Wassers abtöten können, müssen wir, wie ich meine, die Entstehung der ersten Organismen in eine Zeit verlegen, in welcher die Erdoberfläche an den Polen etwa zwischen 100 ⁰ und 80 ⁰ Celsius schwankte. An dem Übergang vom gasförmigen zu dem flüssigen Zustand sind auch alle chemischen Verbindungen am aktivsten, sodafs wohl auch von dieser Seite her die Bedingungen für die Entstehung komplizierter Verbindungen an dem genannten Zeitpunkt der Erdgeschichte am günstigsten waren. Die ersten Organismen brauchten nach dieser Auffassung weder Wärme erhaltende noch Wärme steigernde Eigenschaften zu besitzen, sie mufsten dieselben aber erwerben, als sich die Temperatur infolge fortschreitender Abkühlung der Erde an deren Oberfläche bei Nacht unter die bisherige Normaltemperatur senkte. Da dieser Prozefs sich aber ganz allmählich einstellte und je nach der Wärmeleitung umgebender Stoffe verschieden, so mufs ein Teil der betreffenden Materie vernichtet und dadurch eine Isolierung anderer Teile zu Individuen stattgefunden haben. Für deren Erhaltung trotz zeitweiser Unterbrechung genügender Wärmezufuhr mag der Umstand in Betracht gekommen sein, dafs jeder chemische Prozefs eine Zeitdauer in Anspruch nimmt, und dafs dieser Zeitraum

um so gröfser sein mufs, je komplizierter die Wechselwirkung innerhalb solcher cyclischen Bewegungs-Prozesse ist.

Wie man sich die nun zweifellos hinzugetretenen Prozesse der Wärmeerhaltung und Wärmesteigerung vorzustellen habe, entzieht sich meinem Urteil, indes möchte ich auf eine übrigens nicht neue Thatsache zum Schlufs dieser Bemerkungen hinweisen, dafs nämlich die Pflanzen eher auf der Erde enstanden sein müssen als die Tiere. Nur die Pflanzen sind im stande sich mit anorganischem Nährmaterial zu erhalten, während die Tiere entweder andere tierische oder pflanzliche Stoffe als Nahrung bedürfen. Die Entstehung von Tieren setzt also die vorherige Existenz von Pflanzen voraus. Die letzteren stellen die einfachere Form organischen Lebens dar. Es ist wichtig zu beachten, dafs die strenge Scheidung der Organismen in Pflanzen und Tiere die entwicklungsgeschichtliche Einheit der organischen Welt übrigens nicht ausschliefst.

Wenn wir von solchen einfachsten Organismen den Blick auf die lebenden richten, so finden wir bei diesen einen schier unerschöpflichen Reichtum verschiedener Formen. Die formale Mannigfaltigkeit mufs sich also im Laufe der Entwicklung organischen Lebens eingestellt haben, und so wird es zu einem wesentlichen Bestandteil des Descendenzbegriffes, dafs sich die Organismen aus einfachsten Urformen zu so mannigfaltigen und komplizierten Formen ausgestaltet haben. In dieser Vorstellung liegt nun der Begriff enthalten, dafs sich die Organismen im Verlauf ihrer Geschichte verändert haben. Das wie und warum dieser Änderung zu ergründen, sind dann die weiteren, praktischen Aufgaben der Descendenztheorie.

Der Begriff einer Descendenz geht in dieser Form in seinen Anfängen weit zurück. Wir finden Spuren davon schon im klassischen Altertum. In dem πάντα ῥεῖ des Heraclid, in Ovids Worten „in nova fert animus mutatas dicere formas“ haben wenigstens die Grundbegriffe einer organischen Veränderung der Formen schon einen allgemeinen Ausdruck gefunden. Die Vorstellung einer einheitlichen Entwicklung der organischen Welt aus sich selbst heraus verlangte ja nichts als eine vorurteilsfreie und selbständige Auffassung des eigenen Ich, so dafs zu allen Zeiten der Boden für dieselbe gegeben war. So kehrt bei kühnen Geistern diese Vorstellung immer wieder, aber zu einer gründlicheren Behandlung und Prüfung der Frage waren doch zu viele naturwissenschaftliche Beobachtungen nötig, und die kräftigen Ansätze zu objektivem Studium in der Natur, die wir bei Männern wie Aristoteles und Plinius am Abschlufs grie-

chischer und römischer Kulturentwicklung antreffen, fanden in dem dürftigen Boden altchristlicher Bildung keine Nahrung. Auch die von der Mönchsbildung ausgehende Wiedergeburt des Geistes war doch im Grunde nichts weiter als die späte Erkenntnis und Würdigung klassischer Bildungsschätze.

Erst die beobachtende Naturwissenschaft schaffte am Ende des vorigen Jahrhunderts allmählich einen Boden für unmittelbare und unabhängige Erkenntnis.

Die beschreibenden Naturforscher selbst waren dabei von der Fülle der Formen so erdrückt und bei deren Sonderung so auf die Selbständigkeit der Spezies hingewiesen, dafs es uns nicht befremden kann, selbst so klare Geister wie Linné von der Unwandelbarkeit der Art fest überzeugt zu sehen. Mit dem Anfang dieses Jahrhunderts hatte sich auch die Kenntnis der ausgestorbenen Tier- und Pflanzenformen sehr geklärt, und ihre Existenz an sich redete ja schon eine überzeugende Sprache von der Wandelbarkeit der Formen in der Erdgeschichte. Es ist wohl ungerecht, einzelne Schriftsteller jener Zeit als Schöpfer der Descendenzlehre zu nennen; die Auffassung, dafs sich die Formen im Laufe der geologischen Formationen allmählich geändert haben, lag gewissermafsen in der Luft und wurde von vielen Naturforschern aufgenommen und gelegentlich vertreten. Zu einer Theorie wissenschaftlich ausgebaut wurden diese Anschauungen namentlich durch Jean Lamarck, dessen Leistungen allerdings durch den Ruhm Darwins bald sehr verdunkelt wurden.

Die Thatsache, dafs die Abstammungslehre erst durch Charles Darwin in weitesten Kreisen bekannt und populär wurde, hat wohl wesentlich darin ihren Grund, dafs er mit seinen Ausführungen aus dem bisherigen Rahmen theoretischer Erörterungen heraustrat und den Austrag der Meinungen in die uns umgebende Gegenwart verlegte. An den hier in Betracht kommenden Fragen war jeder Forscher, jeder Mensch auf das lebhafteste interessiert. Darwin ging zunächst darauf aus, eine Veränderung der Arten auch in der Gegenwart nachzuweisen. Die Zeit, die der Mensch überblicken konnte, umfafste ja immerhin Jahrtausende, und so mufste der naheliegende und von den Gegnern geäufserte Einwand, dafs sich seit dieser Zeit die Tiere und Pflanzen nicht wesentlich verändert hätten, auf seine Richtigkeit geprüft werden. Die gerade in England hervorragenden Resultate künstlicher Züchtungen waren bisher in dieser Hinsicht kaum beachtet worden. Indem Darwin die vorhandenen Ergebnisse ins rechte Licht setzte und durch eigene systematische Versuche be-

reicherte, holte er seine Beweise aus dem praktischen Leben, aus einem jedem zugänglichen und jedem kontrollierbaren Gebiete.

So ist Darwin dem weiteren Kreise der Wissenschaft und der gebildeten Welt gegenüber zum Vater, ja man kann sagen, zu der Verkörperung der Abstammungslehre geworden. Wie aber diese Auffassung einer grofsen Einschränkung bedarf, so ist auch die weitere Auffassung unberechtigt, dafs Darwin die Abstammungslehre ausgebaut habe. Das trifft eigentlich nur zu für die Abstammung des Menschen; da aber dieses Kapitel die Allgemeinheit am meisten interessiert, — jeder Laie denkt doch bei dem Worte Darwin zunächst nur an die Herkunft vom Affen, — so werden auch alle übrigen Fragen dieser Art mit seinem Namen in Verbindung gebracht.

Das Wesen der Darwinschen Lehren liegt aber auf einem ganz anderen Gebiet. Die Veränderlichkeit und die Abstammung der organischen Formen von einander waren für Darwin feststehende Begriffe, sie waren die Basis, auf die sich erst seine eigene und ihm eigentümliche Lehre aufbaute. Diese letztere beruht darin, dafs er die Ursache der historischen Veränderung der Arten in einer natürlichen Auslese erblickte und durch eine solche alle Veränderungen der Organismen, mit einem Wort das ganze Bild, welches uns die organische Welt heute bietet, auf natürlichem Wege zu erklären suchte.

Zu der Vorstellung einer natürlichen Auslese kam Darwin auf folgendem Wege. Bei den reichen Beobachtungen auf einer zweijährigen Weltreise war ihm die Anpassung der Organismen an ihre jeweiligen Lebensverhältnisse mit stets zunehmender Klarheit vor Augen getreten. So hatte er bei Insekten höchst auffällige Färbungen beobachtet, welche diese Tiere ihrer Umgebung so ähnlich machten, dafs sie dem menschlichen Blick und folglich auch dem ihrer Verfolger nahezu entzogen waren. Das ganze Gebiet derartiger Erscheinungen wurde mit dem englischen Worte Mimicry bezeichnet. Noch auffallender erschien die Rolle, welche Insekten bei der Befruchtung gewisser Pflanzen spielten. Die Körperformen der betreffenden Insekten und Pflanzen zeigten dabei so komplizierte Beziehungen zu einander, dafs die Art dieser Befruchtungen den höchsten Anforderungen von Zweckmäfsigkeit entsprach.

Eine solche Zweckmäfsigkeit hatte man ja längst in der Natur bemerkt, aber indem man sie für beabsichtigt durch einen Schöpfer hielt, hatte man keine Veranlassung gehabt, über ihre Entstehung nachzudenken. Indem man dann umgekehrt diese höchste Zweck-

mäfsigkeit in allen organischen Einrichtungen als Beweis für die Existenz eines Schöpfers dieser Körper hinstellte, bewegte man sich natürlich in einem sinnlosen Zirkelschlufs. Die offenkundige Thatsache, dafs die Organismen als Ganzes ihrer Umgebung gegenüber, und in allen ihren Teilen der Gesamtfunktion des Körpers auf das vorteilhafteste angepafst sind, war auf jenem Wege einer vernunftgemäfsen Erklärung um keinen Schritt näher gebracht.

Diese Lücke in unserer Erkenntnis suchte nun Darwin auszufüllen, indem er eine Erklärung für die zweckmäfsige Anpassung in natürlichen Umständen suchte. Hier erst setzt die eigentliche Theorie Darwins ein, und sie beruht ihrem innersten Wesen nach auf einer Gleichsetzung der genannten Anpassungserscheinungen in der Natur mit den Ergebnissen künstlicher Züchtung, die zwar nicht natürlichen Umständen, wohl aber bestimmten Wünschen des Züchters angepafst waren. Diese Gleichstellung begründete Darwin in folgender Weise.

Wie bei der künstlichen Züchtung mit konsequenter Auswahl nur solche Individuen zur Paarung gebracht werden, die bestimmte, den Zwecken der Züchter entsprechende Eigenschaften in besonders hohem Mafse besitzen, so sollten in der Natur die unter bestimmten Verhältnissen günstig, d. h. relativ zweckmäfsig organisierten Individuen im Kampf ums Dasein günstigere Chancen zur Erhaltung haben, dadurch relativ häufiger zur Paarung gelangen und in die Lage kommen, ihre jeweilig vorteilhaften Eigenschaften erblich zu erhalten und zu steigern. Dieser Prozefs, den er als „natürliche Auslese" bezeichnete, sollte sich so lange fortsetzen, bis die möglichste Anpassung erzielt wäre. Nach dem englischen Worte wird diese Lehre auch als Selectionstheorie bezeichnet.

Diese Theorie baute sich auf zwei Voraussetzungen auf, die unbestreitbar richtig sind, dafs erstens mehr Individuen geboren werden als Platz zum Leben und zur Erhaltung finden, und dafs zweitens die Individuen gleicher Art untereinander gröfsere oder geringere Verschiedenheiten aufweisen.

Für die Überproduktion der Individuen lassen sich treffliche Belege anführen. C. E. von Baer hat berechnet, dafs bei Entwicklung aller Eier die Nachkommen eines einzigen Störpaares in der vierten Generation — also die Urenkel — eine Masse darstellen würden, deren Gewicht gröfser wäre als das des Erdballes. Möbius hat berechnet, dafs ein Austernpaar etwa 2 100 000 lebensfähige Nachkommen produziert, von denen im allgemeinen alle weniger zweien zu

Grunde gehen, welche in der Austernbank an die Stelle der Eltern treten. Diese Beispiele liefsen sich beliebig vermehren, aber wir können uns ja überall selbst überzeugen, dafs die Zahl der Individuen in einem bestimmten Raum im allgemeinen sich gleich bleibt, trotzdem unvergleichlich mehr Individuen entstehen.

Auch die zweite der genannten Voraussetzungen ist unbestreitbar, dafs die Individuen gleicher Art untereinander verschieden sind. Man bezeichnet diese Thatsache als individuelle Variation. Wenn wir an die Verschiedenheiten von Geschwistern denken oder gar in Erwägung ziehen, in wie weiten Grenzen z. B. die Abarten des Haushundes liegen, wie stark die Weinbergsschnecke oder Eier derselben Vogelart variieren, wird man an dem Bestehen einer individuellen Variation nicht zweifeln können. Das Wesen einer solchen beruht nun offenbar darin, dafs die einzelnen Eigenschaften in jedem Individuum in anderer Mischung, und, wenn ich so sagen darf, in wechselndem Gewichtsverhältnis vorhanden sind. Jedes neu entstandene oder in neue Verhältnisse eingetretene Individuum tritt also verschieden ausgerüstet ins Leben und mit anderen Mitteln in den Kampf ums Dasein ein.

Auf diesen unanfechtbaren Voraussetzungen baut sich nun die eigentliche Theorie auf: der Schlufs, dafs diejenigen Individuen in gröfserer Zahl erhalten bleiben, die für bestimmte Verhältnisse der Umgebung oder bestimmte notwendig gewordene Leistungen am besten organisiert sind. Diese sollen gleichsam von den umgebenden Verhältnissen gezüchtet werden, bis im Laufe vieler Generationen ein immer vorteilhafterer Durchschnitt resultiert, der schliefslich die vollkommenste Anpassung erreicht und so auf natürlichem Wege der höchsten Zweckmäfsigkeit entspricht.

Darwins Hypothese setzte sich also aus folgenden Teilen zusammen.

1. Es werden mehr Individuen produziert als Lebensunterhalt finden und erhalten bleiben können — Überproduktion an Individuen.
2. Sämtliche Individuen gleicher Art sind untereinander verschieden — Individuelle Variation.
3. Bei der Konkurrenz um die Subsistenzmittel findet unter den Individuen gleicher Art ein Kampf ums Dasein statt.
4. Im Kampf ums Dasein sind diejenigen bevorzugt, welche unter jeweiligen Bedingungen am vorteilhaftesten organisiert sind.

5. Während die anderen in stärkerem Maſse vernichtet werden, erhalten sich die letzteren und steigern durch Fortsetzung der gleichen Prozesse im Laufe der Generationen die Eigenschaften bis zu günstigster Anpassung an gegebene Verhältnisse. — Überleben des Geeignetsten.

Es bedarf hiernach wohl kaum noch eines Hinweises, wie verschieden die Begriffe der Descendenz und der Darwinschen Selektionstheorie sind. Die erste beschränkt sich auf die Anerkennung eines Zustandes, die zweite ist ein Versuch, denselben zu erklären. Das Kind, das die Thätigkeit der Uhr kennen gelernt, hat sich von der fortschreitenden Drehung des Zeigers überzeugt, indem es aber diese Thatsache anerkennt, ist es weit entfernt von einer Erklärung derselben. In gleicher Weise kann man auch in der Natur von der Richtigkeit eines Vorganges allgemein überzeugt, über die Ursache und die Erklärung desselben aber sehr verschiedener Ansicht sein. So liegt nun auch der Fall mit der Descendenzlehre und der Selektionstheorie Darwins, und das möge hier klar und unumwunden ausgesprochen sein: „**Die Descendenz der Organismen wird heute von der gesamten Naturforschung als Grundlage anerkannt, über den Wert der Selektionstheorie als Erklärung für die Descendenz sind aber die Ansichten geteilter denn je.**"

Daſs man über die Descendenz als generative Abstammung aller Organismen und deren Veränderung in historischer Folge nur mehr einer Ansicht ist, hat darin seinen Grund, daſs man auf allen Wegen diesbezüglicher Forschungsgebiete auf Schritt und Tritt Belege für dieselben findet und ohne dieselbe die beobachteten Thatsachen nicht mehr verstehen könnte. Um aus den verschiedenen Wissensgebieten wenigstens je einen Beleg anzuführen, sei folgendes hervorgehoben.

Die Thatsache, daſs die Organismen unter einander sehr verschieden ähnlich sind, sodaſs wir sie nach dem Grade dieser formalen Übereinstimmung in Arten, Gattungen, Familien etc. zusammenfassen, ist nur so zu verstehen, daſs der Grad der Ähnlichkeit auf einer näheren oder entfernteren Verwandtschaft beruht. Wenn wir uns den so aufgefaſsten Zustand aber seiner Entstehung nach klar machen wollen, bedeutet die Ähnlichkeit nichts anderes als eine gröſsere oder geringere Entfernung von einer gemeinsamen Stammform, d. h. also einer nach deren Existenz eingetretenen, verschiedenen Gestaltung der Nachkommen.

Die vergleichende Anatomie lehrt uns auſserordentlich häufig

Ausbildungen von Organen kennen, die als solche nicht funktionieren können und also sinnlos wären, wenn wir nicht annehmen wollen, dafs sie vorher bei den Vorfahren normal ausgebildet und thätig waren. Wenn wir z. B. bei verschiedenen Eidechsen nur zwecklose Stummel an Stelle von Beinen finden, können wir dafür nur die eine Erklärung finden, dafs dieselben bei den Vorfahren dieser Formen ebenso gut entwickelt waren, wie sie es bei vielen anderen Eidechsen noch heute sind.

Die Entwicklungsgeschichte des einzelnen Individuums, die wir als Ontogonie und deren Studium wir als Embryologie bezeichnen, macht uns mit der auffälligen Erscheinung bekannt, dafs vielfach in gewissen Bildungsstadien Organe angelegt werden, die in weiteren Stadien verkümmern und am erwachsenen Organismus ganz verschwunden sind. So werden z. B. beim Walfisch, der bekanntlich zahnlos ist, in frühen Entwicklungsstadien Zahnkeime angelegt, die bald darauf wieder verkümmern. Die Insekten haben bekanntlich an ihrem Hinterleib keine Beine, in jungen Entwicklungsstadien aber zeigten sich Beine gleichmäfsig an allen Abschnitten des Körpers angelegt. Wenn wir nun bei Verwandten der Walfische, wie den Delphinen, auch im erwachsenen Zustand Zähne und bei Verwandten der Insekten, den Krebsen, Asseln und Tausendfüfslern, an allen Körpersegmenten Beine finden, so giebt es doch hierfür auch wieder nur die eine Erklärung, dafs die Vorfahren der Walfische normale Zähne und die der Insekten Beine am Hinterleib besafsen, deren Verlust also wesentliche Veränderungen ihrer Träger gegenüber ihren Vorfahren involviert.

Die reichste Quelle von Belegen für die historische Veränderung der Organismen liefert aber die Palaeontologie, die Lehre von den ausgestorbenen Tieren und Pflanzen früherer Erdperioden. Diese Wissenschaft lehrt uns reale Formen und Ausbildungsstufen von Organen kennen, an deren einstiger Lebensthätigkeit absolut nicht zu zweifeln ist. Es zeigt sich nun, dafs erstens die fossilen Organismen den lebenden im allgemeinen um so unähnlicher sind, je älteren Perioden der Erdgeschichte sie angehörten, dafs zweitens in der Gestaltung der einzelnen Formen eine zunehmende Komplikation festzustellen ist, und dafs drittens in vielen Fällen die Vorfahren heut lebender Formen in wesentlich abweichenden Arten und Gattungen zu erkennen sind. Diese letzteren Entwicklungsreihen haben natürlich als Beweise für die Descendenz immer ganz besonderes In eresse erweckt. Ich erinnere an die Pferdereihe, innerhalb deren

wir nacheinander von den 5 Zehen des Wirbeltierfufses eine nach der anderen verschwinden sehen, bis schliefslich beim heut lebenden Pferd nur die eine Mittelzehe übrig geblieben ist. Ich könnte noch schöner geschlossene Reihen z. B. aus der Stammesgeschichte der Pelmatozoen nachweisen, aber deren Organisation ist so kompliziert und liegt jedem, der nicht Zoologe ist, so fern, dafs ich hier auf besondere Angaben dieser Art verzichten mufs. Aber ich konstatiere noch einmal die Thatsache, dafs in den beteiligten Kreisen der Wissenschaft niemand mehr an einer Umwandlung der Formen zweifelt.

Gewöhnlich gegen den Darwinismus, in Wahrheit aber gegen die Descendenzlehre gerichtet sind allerdings die allgemeinen Proteste derjenigen, welche die Konsequenzen des Descendenzbegriffes mit ihren sonstigen Anschauungen nicht in Einklang zu bringen vermögen, und von der Richtigkeit der letzteren überzeugt, eine sachliche Kritik des vorgebrachten Beweismateriales überhaupt nicht versuchen. Ihrem ganzen Zweck nach richten sich die Angriffe nicht gegen die Darwinsche Beurteilung der Ursache der Umbildung, sondern gegen die Erkenntnis der Umbildung selbst — gegen die den Menschen nicht ausschliefsende Einheit der organischen Welt. Als Männer der Wissenschaft haben wir nur das objektiv Wahre festzustellen, ganz unbekümmert ob dadurch bisherige Anschauungen hinfällig werden. Hieraus entstehende Bedenken gehen die Wissenschaft nichts an, sie können uns aber auch vom allgemeinen menschlichen Standpunkt aus nicht überraschen, sie sind der letzte drohende Fluch, mit dem der bisherige Besitzer dem neuen weicht. Die Angriffe gegen das Beweismaterial der Selektionstheorie gingen naturgemäfs von naturwissenschaftlicher Seite aus, und sie wenden sich, wie das nach dem Gesagten auch nicht anders zu erwarten ist, gegen den einen hypothetischen Punkt der Lehre: eine durch äufsere Verhältnisse bewirkte Vervollkommnung, die sich im allgemeinen als zweckentsprechende Anpassung erweist. Von den fast zahllosen einzelnen Einwürfen gegen den Darwinismus will ich nur einige erwähnen, die mir besonders wichtig und gerechtfertigt erscheinen.

Eine vom Standpunkt des Ergebnisses aus planmäfsige Auslese weniger Individuen kann nur zu stande kommen durch eine den gleichen Rücksichten unterliegende Ausrottung der Mehrzahl gleich berufener Existenzen. Wenn für bestimmte Tiere die schwarze Farbe nützlich ist, so müssen die hellgefärbten eben deshalb besonders stark ausgerottet werden. Nun findet aber die Vernichtung dieser weit

überwiegenden Mehrzahl zu einer Lebenszeit statt, wo die schliefslichen Eigenschaften der Erwachsenen überhaupt noch nicht ausgebildet sind. Von den 1045000 jungen Austern geben, wie Möbius zeigte, fast alle dadurch zu Grunde, dafs sie in einem bestimmten Entwicklungsstadium keinen festen Punkt finden, auf dem sie sich festsetzen können. Die meisten verfaulen auf Schlick oder sandigem Boden, der ihnen zur Anheftung keine Gelegenheit bietet. Nur die wenigen, die zufällig auf feste Körper, wie Steine oder künstliche Anlagen stofsen, können sich erhalten und weiter entwickeln. Indem sie auf dem Stein gröfser werden, fangen sie sich an zu drängen, aber auch bei diesem Kampf ums Dasein wird nicht die Tüchtigkeit, sondern die zufällig günstigere Position der Schale gegenüber dem Nachbarn für die Erhaltung des einen und die Unterdrückung anderer entscheidend sein. G. Pfeffer wies nach, dafs ganz allgemein die Hauptvernichtung in frühen Stadien eintritt und auf Faktoren beruht, gegenüber denen die kleinen Differenzen individueller Tüchtigkeit gar nicht in Betracht kommen.

Gesetzt nun aber, dafs sich zwei Individuen mit gleich vorteilhafter Eigenschaft zur Paarung zusammengefunden und eine Eigenschaft in verstärktem Mafse auf den gröfseren Teil ihrer Nachkommen übertragen hätten, so würden diese mit anderen zur Paarung kommen, die jene besondere neue Eigenschaft noch nicht besitzen. Hier hat nun Nägeli eine Berechnung angestellt, aus der hervorgeht, dafs die Wahrscheinlichkeit einer Reinzucht aller abgeänderten Individuen in einer Gesellschaft von beispielsweise 2000 Individuen für die erste Paarung 1 Zehntausendstel, für die zweite Paarung 1 Billionstel, für die dritte 1 Zehntausendquadrillionstel betrüge. Mit anderen Worten durch Vererbung allein können sich bestimmte Eigenschaften von Generation zu Generation nicht in irgendwie nennenswerter Weise steigern, sie verteilen sich durch Kreuzung zwar in wenigen Generationen auf einen sehr grofsen Teil der Individuen, sind aber in denselben durchschnittlich in wertlos kleinen Mengen vorhanden. Selbst wenn durch steten Zuzug vorteilhaft ausgebildeter Individuen eine fortdauernde Beeinflussung der Race stattfände, würde die Abänderung derselben immer eine minimale bleiben.

Setzen wir aber wieder den günstigsten Fall, dafs auf abgeschlossenem Raum nur wenige Individuen mit einander zur Paarung kämen, dafs bei einem Teil derselben eine Eigenschaft vorhanden sei, die, nach der Darwinschen Theorie durch Generationen vervollkommnet, ihren Trägern entscheidende Vorteile im Kampf ums Da-

sein sichern würde. Wenn diese erst allmählich durch Auslese kultiviert werden soll, wie soll sie dann schon in ihren ersten Anfängen ihre Träger so bevorzugen, dafs diese anderen wesentlich überlegen wären und leichter zur Paarung kämen. Entweder müfste also eine neue Eigenschaft sofort in beträchtlicher Stärke auftreten, oder sie könnte überhaupt nicht zur Züchtung gelangen.

Wenn wir uns aber auch über diese Bedenken hinwegsetzen, bleibt nach der Selektionstheorie die Thatsache unerklärt, dafs zugleich immer viele nützliche Eigenschaften gezüchtet erscheinen. Wie z. B. beim Hirsch nicht das Geweih allein sich vergröfsert, sondern sich zugleich der Schädel und Hals in vielen Teilen als Träger desselben verstärken, so müfsten stets alle zu einander in Beziehung stehenden Teile eines Organismus gleichzeitig und in bestimmtem Gange variieren. Dadurch wird aber, wie Herbert Spencer betonte, die Vervollkommnung durch Auslese einzelner Eigenschaften jeder Wahrscheinlichkeit beraubt. Die individuelle Variation zeigt ein planloses Variiren aller Teile; wenn sich nun bei einer Veränderung eine bestimmte Summe zusammen wirkender Teile stets gleichzeitig ändert, so kann diese durch den Organismus geregelte Summe unmöglich durch den Zufall äufserer Umstände immer so bestimmt sein, wie sie der betreffende Organismus braucht.

Der wesentlichste Fortschritt, den die Darwinsche Lehre der Naturforschung gebracht hat, liegt darin, dafs sie den Organismen und ihren individuellen Lebensbedingungen eine viel höhere Bedeutung als bisher beimafs. Vor Darwin beschäftigten sich die Naturforscher fast nur mit der leblosen Form; die Naturforschung war lediglich eine beschreibende Wissenschaft, seit Darwin ist sie ein über Ursache und Wirkung nachdenkendes Forschen geworden. Die einzelne Form des Tier- und Pflanzenreiches ist aus der Passivität, in die sie die Beurteilung bisher versetzt hatte, ins Leben zurückgerufen worden.

Wenn hierbei in dem Wandel der Anschauungen auch ein wesentlicher Fortschritt gegen früher zu erkennen ist, so scheint mir doch auch der Organismus im Sinne des Darwinismus selbst recht wenig Leben zu entfalten.

Wenn immer nur der Zufall äufserer Lebensbedingungen oder eine gelegentliche Massendifferenz ihrer Qualitäten die Individuen im Kampf ums Dasein vor oder rückwärts schieben soll, haben sie doch im Grunde nicht mehr Leben als die Figuren eines Schachbrettes. Wie anders erscheint dagegen ein lebensthätiger Organismus! Jede

Veränderung seiner Umgebung nimmt er in lebhaftester Reaktion auf und trägt ihr je nach ihrer Bedeutung und je nach seinen individuellen Mitteln Rechnung. Man braucht nur ein Tier in seinen gewohnten Funktionen zu stören, um sich zu überzeugen, wie regen aktiven Anteil es an der Veränderung nimmt, wie es seine Existenz zu schützen, seinen Vorteil wahrzunehmen sucht. Und alle die Anstrengungen und individuellen Leistungen, alle Vervollkommnung des Körpers und Geistes sollen dem Geschlechte nicht erblich zu gute kommen, sollen gleichgültig sein gegenüber der alles entscheidenden Auslese. Was Herr Weismann in Freiburg aus dem Darwinismus gemacht hat, das Bild, welches er vom Leben und Wechsel der organischen Welt entwirft, ist ein Totentanz in des Wortes vollster Bedeutung.

Wenn man damit den Wert der Selectionstheorie in Frage stellt, bleibt das Verdienst Darwins über jedes Lob erhaben, auch wenn sein erster Versuch zur Lösung des Rätsels nicht den höchsten Erfolg erzielt hätte. Dafs er diesen Versuch überhaupt thatkräftig unternahm, ist sein unsterbliches Verdienst; als Forscher wie als Mensch wird er uns ein leuchtendes Vorbild bleiben.

Ich will auf meine gegenteiligen Anschauungen hier nicht näher eingehen, aber ich möchte wenigstens mit einem Belege nachweisen, dafs der Organismus die Fähigkeit besitzen mufs, sich seinen Körper selbst nach seinen Funktionen zu gestalten.

Die Verdauung ist jedenfalls ein sehr viel komplizierterer Prozefs, als wir uns im allgemeinen vorstellen, aber so viel ist klar, dafs die Nahrung, die wir zur Ergänzung verbrauchter Stoffe in uns aufnehmen, durch den Magen nicht für jeden der Millionen Teile des Körpers besonders hergestellt wird, sondern in einem indifferenten Zustande vom Magen und Darm aus zur Verteilung im Körper gelangt. Es mufs also jeder Teil die Fähigkeit haben, sich das neue Ersatzmaterial so einzulagern, wie es seine Funktionen erfordern. Wenn nun ein Teil des Körpers bestimmte Funktionen stärker ausübt oder allmählich einen Funktionswechsel in sich vollzieht, so mufs das Ersatzmaterial auch der neuen Funktionsleistung entsprechend eingelagert werden. Wenn das aber so sein mufs und bei normalem Leben nicht anders sein kann, so mufs man den Organismen die Kraft und Fähigkeit einer vorteilhaften Selbstgestaltung uneingeschränkt zugestehen.

So kann überall in den Organismen von selbst das Zweckmäfsige resultieren. Es wird eine dauernd gleiche Funktion allmäh-

lich leichter von statten gehen, indem sie eine immer günstigere Anpassung der Form an diese Funktion ermöglicht. Bei einer durch die Umgebung veranlafsten Änderung einer Funktion mufs sich auch die Form sehr bald unter dem Stoffwechsel ändern. Da aber die einzelnen Teile eines Organismus nicht unabhängig von einander sind, sondern in ihren Funktionen und ihrer Ernährung sich gegenseitig beeinflussen, so mufs immer in einem Organismus auch die Harmonie der Teile im ganzen gewahrt bleiben. Wenn sich also ein Teil ändert, so werden auch die übrigen, je nach der Beziehung zu jenem, in Mitleidenschaft gezogen und in einer dem Ganzen zuträglichen Weise mit umgestaltet werden. Gelingt das dem Organismus nicht, so wird er über dem Versuch zu Grunde gehen bezw. werden seine Nachkommen versuchen müssen, das ererbte Mifsverhältnis anderweitig auszugleichen.

Wenn die Organismen die Fähigkeit der Selbstgestaltung besitzen und dadurch den Zustand der Vervollkommnung und Anpassung von selbst direkt erreichen können, ist aber die ganze Zuchtwahltheorie zur Erklärung der Veränderung der organischen Welt nicht mehr nötig. Sie kann und mag übrigens wirksam sein, aber ihre Resultate können nur negative Bedeutung haben, insofern im Kampf ums Dasein die weniger vorteilhaft organisierten stärker vernichtet werden als die jeweilig bevorzugten. Als Thatsache kann ich indes aus der Paläontologie anführen, dafs sich höchst unzweckmäfsig organisierte Formen zwar phyletisch nicht lange erhalten, aber neben höher organisierten individuell oft geradezu übermäfsig florieren. Positive Fortschritte dagegen können nicht durch die Ausmerzung schlechter Individuen entstehen, sondern nur durch organische Kraftleistung in den Individuen selbst zu stande kommen.

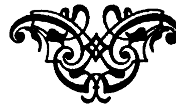
Für die unendliche Abänderungsfähigkeit der Organismen, die sich aus dem unerschöpflichen Formenreichtum ergiebt, glaube ich, zum Schlufs von einem anderen Gesichtspunkt aus eine nahe liegende Erklärung zu finden. Alle Tier- und Pflanzentypen, die eine reiche Gliederung ihrer Formen erlangt haben, sind Organismen, deren Fortpflanzung in der Weise vor sich geht, dafs die Nachkommen vom Ei aus noch einmal den ganzen Weg formaler Vervollkommnung durchlaufen, den die Reihe der Vorfahren nacheinander zurückgelegt hatte. Dadurch wird jedes neue Individuum in einen Zustand grofser Indifferenz zurückversetzt. Indem seine Organe dann allmählich erst die Arbeitsteilung vornehmen, welche die Eltern besafsen, erlangen ihre Träger den Vorteil einer grofsen individuellen Bildungs-

fähigkeit. Sie werden sich bei gleich gebliebenen Lebensbedingungen wie ihre Eltern entwickeln, im anderen Falle aber können sie einer Änderung um so leichter Rechnung tragen, je weniger sich ihre Teile bereits für bestimmte Leistungen spezialisiert haben. Je früher also solche Funktionsänderungen erfolgen, um so stärker wird die weitere Gestaltung der Formen beeinflufst, um so stärker kann die Abweichung von dem elterlichen Organismus sein. Wir brauchen uns nur in unseren Lebensverhältnissen umzusehen, um für diese Anschauungen deutliche Belege zu finden.

Vererbt wird meines Erachtens alles, was ein Organismus bei Bereitung der Geschlechtsprodukte an selbstererbten und eigenen organischen Eigenschaften besitzt, und von diesen zuletzt erworbene anscheinend oft mit gröfserer Energie als älter überkommene. Die Fragestellung bezüglich der Vererbung hat, wie ich meine, nicht zu lauten: was wird erblich von den Eltern übergeben, sondern: was wird von den Nachkommen übernommen? Was diese nicht brauchen, lassen sie verkümmern, was sie besonders stark nützen, vervollkommnen sie, und vieles Gleichgültige, wie die meisten Artcharaktere, behalten und gestalten sie weiter aus, so lange es ihnen keine Unbequemlichkeiten bereitet.

Es ist allerdings schwer, manche Bildungserscheinungen unter diesen Gesichtspunkten mit den landläufigen Anschauungen in Einklang zu bringen. Wenn wir z. B. sehen, dafs Tiere wie Insekten zu ihrem Schutz andere täuschend nachahmen, oder wie Krebse sich gewisse Fremdkörper auf dem Rücken befestigen, um unter deren Deckung Beute zu fangen, so wird es uns schwer, diese Erscheinungen als subjektive Handlungen zu begreifen. Wir können uns nicht vorstellen, dafs ein Tier aus eigener Kraft seine Farbe so ändern oder gar wechseln kann, dafs es anderen Körpern täuschend ähnlich sieht, aber ich glaube, dafs das lediglich an unserer einseitigen Beurteilung körperlicher Funktionen liegt. Wir meinen, unseren ganzen Körper allein mit dem Geist zu leiten, übersehen aber dabei, dafs uns selbst von den nervösen Funktionen des Körpers nur ein geringer Teil auch nur zum Bewufstsein kommt. Dadurch, dafs der Schwerpunkt der Entwicklung des Menschengeschlechtes von dem Körper weg auf den Geist verlegt ist, ist uns in unseren vielfach unnatürlichen Lebensverhältnissen das Gefühl für die Sinnesfunktionen des Körpers fast ganz abhanden gekommen. Das Erröten, das Sträuben der Haare, die sog. Gänsehaut sind fast die letzten natürlichen Äufserungen dieser Gefühlssphäre, die der Spiritismus zu einer übernatürlichen zu stem-

peln sucht, obwohl gerade dieser Teil unseres Geisteslebens uns noch am meisten mit dem Tiere verbindet. Man spricht den letzteren eine Seele ab, aber ich glaube, dafs für dieses unbewufste Geistesleben von Menschen und Tieren dieser Begriff sehr passend zu verwenden ist. Wenn aber diese Gefühlsthätigkeit den Tieren in wesentlich höherem Mafs als den Menschen und den Pflanzen allein von allen Geistesfunktionen zukommt, dann werden wir diesen auch höhere Leistungen auf diesem Gebiete zuschreiben dürfen als uns. Wenn uns auch unendlich viel zwischen Himmel und Erde verborgen bleiben wird, so wollen wir uns wenigstens die Auffassung des uns Verständlichen nicht durch Vorurteile unnötig erschweren.





Der Samum als geologische Kraft.

Vortrag gehalten in der Urania

von Prof. J. Walther in Jena.

Ein fremdartiges, in allen Einzelheiten neues Landschaftsgemälde entrollt sich vor unseren Augen, wenn wir, die gewohnten Scenerien der gemäfsigten Zone verlassend, zum ersten Mal eine Wüste betreten. Himmelhohe Berge und unermefsliche Ebenen, malerische Felsengruppen und gelbe Sandhügel, tiefe, enge Schluchten und blendendweifse Salzdecken ziehen in bunter Reihe an uns vorüber; aber wohin wir auch unseren Blick wenden, jeder Stein, jeder Berg, jedes Thal und jede Ebene sieht in der Wüste anders aus, als wir sie in der gemäfsigten Zone zu sehen gewohnt sind, und eine vergleichende Morphologie der Erdoberfläche mufs diesen Thatsachen Rechnung tragen.

Klar und blau, wie eine durchsichtige Kuppel wölbt sich das Firmament über der licht- und farbenreichen Landschaft. Jeder Felsengrat, jede Bergspitze hebt sich wie mit dem Silberstift gezeichnet vom fernen Horizont ab. Kein Strauch, keine Rasendecke, keine Flechtenrinde verhüllt uns die Gesteine, die in ihrer unverwitterten natürlichen Farbe eine leuchtende Farbensymphonie bilden. Die Farbenpracht des Golfes von Neapel ist nur ein schwaches Abbild jenes wunderbaren Farbenreichtums, der uns in der Felsenwüste entzückt, und die Palette eines Hildebrandt würde nicht hinreichen, um diese wunderbare Pracht in all ihrem Glanz zu schildern.

Langsamen Schrittes durchmessen unsere Dromedare die weite Kieswüste. Kein Pflänzchen gedeiht auf dem sandigen Boden, der mit dunkelbraunen, speckig glänzenden Kieseln ganz bedeckt ist. Grauer Feuerstein, weifser Kieselkalk, gelber Jaspis, roter Porphyr und grünlicher Sandstein — alles ist zu runden Geschieben verwandelt, und ein wie Graphit glänzender brauner Überzug bedeckt die gerundeten Kiesel. Der Morgenwind trägt uns einen würzigen aromatischen Geruch

entgegen, und nach kurzem Ritt stehen wir am Rand eines flachen, vielgewundenen Thales. Wohl fliefst kein Flufs und kein Bächlein in der flachen Rinne, aber unter der Erde sickert die Feuchtigkeit dahin, und tränkt die langen Wurzeln zahlloser duftender Artemisien, graugrüner Tamarisken, saftstrotzender Salsulaceen und vereinzelter Grasbüschel. Ein paar Gazellen eilen flüchtigen Laufes durch das Trockenthal (oder Uadi), zahllose Fufseindrücke von Käfern, Eidechsen, Springmäusen und Schakalen beweisen, dafs in der kühlen Nacht gar mancher Wüstenbewohner seinen Schlupfwinkel verläfst.



Fig. 1. Uadi im Sinaigranit.
(Aufnahme der amerikanischen Palästina-Expedition.)

Kaum haben wir das breite Uadi überschritten, so ist auch alle Vegetation wieder verschwunden, wieder umgiebt uns die weite Wüstenebene, und wie ein Ariadnefaden zieht sich der schmale Karawanenpfad durch die Schrecken der wasserlosen Wildnis. Der Boden wird sandig, die Kiesel werden seltener, und endlich umgiebt uns ein weites Sandmeer. 15 m hohe Sandberge steigen vor uns auf, jeder einzelne wie ein Pferdehuf gestaltet. Flach und allmählich steigt die dem Winde zugekehrte Seite langsam empor, die Grundfläche verbreitert sich, und während der Sandkamm mit 35° steil abstürzt, umfassen seine sichelförmig gebogenen Arme eine halbmondförmige Bucht. Die glühende Sonne erwärmt den Sandboden auf 50° C.; nur wenige Gewächse mit riesenlangen Wurzeln dringen so

tief in den Sand hinein, dafs sie die zum Leben notwendige Feuchtigkeit finden.

In vielgewundenen Biegungen überschreitet unsere Karawane die Sandregion und fühlt wieder festen Boden unter den Füfsen. Glatt und hart wie eine Tenne erstreckt sich die hellgrüne Thonebene der Lehmwüste. Zahllose Trockenrisse zerspalten den ausgedörrten Boden, rötliche, vollsaftige Salzgewächse bilden flache Ringe um salzreiche Flächen. Stundenweit scheint alles Leben ausgestorben, aber die glühenden Strahlen der Sonne erhitzen die auf

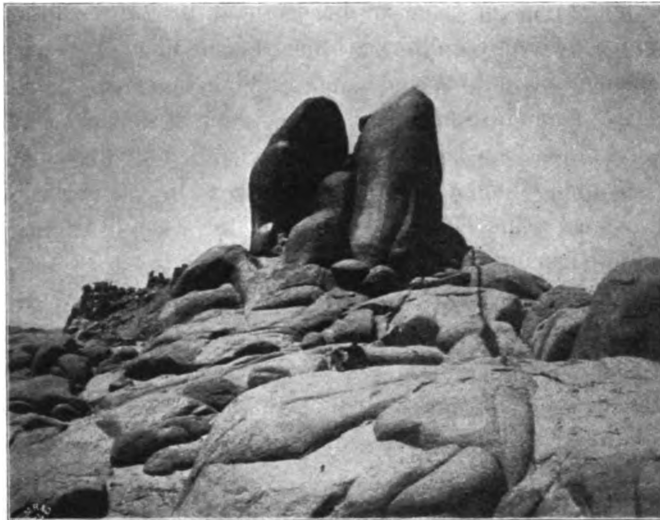


Fig. 2. **Granitfelsen bei Konosso.**
(Aufnahme von Zangaki in Cairo.)

dem Boden ruhende Luftschicht, und wie ein glänzender Spiegel erscheint die Fata morgana in der leblosen Wüste.

Allmählich nähern wir uns dem Felsengebirge, dessen zackige Kontur uns schon längst am Horizont beschäftigte. Kein Wölkchen trübt die klare Luft; auf eine Entfernung von 50 km konnten wir noch eben jede Felsenzacke, jede Gesteinsschicht unterscheiden. Da zieht sich ein zarter gelber Nebel vor das Landschaftsbild. Die Bergkontur wird undeutlich, eine Dunstwolke verwischt die vorher so scharfe Silhouette, Bergzacke um Bergzacke verschwindet in dem Staubnebel, und die vorher so ruhige Luft gerät in Bewegung. Während die Luft so trocken ist, dafs uns jeder Atemzug im Gaumen brennt, während unser Thermometer 45 ^{0} Lufttemperatur anzeigt, um-

hüllt uns und unsere Karawane eine dichte Wolke feinsten Staubes; der Samum hat sich erhoben und braust mit rasender Geschwindigkeit über uns hinweg. Unsere Dromedare weigern sich vorwärts zu gehen. Die Beduinen kauern sich hinter den Tieren zusammen, wir ziehen die Kapuze unseres weifsen Beduinenmantels über den Kopf, verhüllen Mund und Nase mit der buntseidenen Kofia und müssen alle Energie zusammennehmen, um inmitten des orkanartigen Sturmes noch zu beobachten.

Die Stärke des Windes wächst noch mehr und damit auch die Gröfse der von dem Wind mitgerissenen Gesteinsfragmente, und während anfangs nur ein kaum fühlbarer Staub die Luft erfüllte, treiben jetzt Wolken schwerer Sandkörner über uns dahin. Ein prickelnder Schmerz macht sich auf Gesicht und Händen bemerkbar; rings umgiebt uns der fliegende Sand. Auf dem Boden kriecht er in vielgewundenen Gerinnen, als ob sich zahllose Schlangen über den Boden bewegten, an allen Steinen und Felsen wetzen die Sandkörner, keine Spalte ist so eng, keine Höhlung so versteckt, dafs nicht der Windstrom dahineinwirbelte.

Zwar brauchen wir uns nicht zu sorgen, dafs wir von den Sandwolken überschüttet würden, — solche Gefahren gehören in das Reich der Fabel; aber unangenehm genug ist der Glutwind, und sehnsüchtig warten wir, bis seine Gewalt endlich nachläfst. Die Sandwolken sind über uns hinweggezogen, die Luft beginnt sich zu klären. Die Sonne, die vorher wie eine purpurne Scheibe unheimlich durch die Wolken schien, wird wieder hell und leuchtend, die Dromedare beschleunigen ihren Schritt, denn sie wittern das Wasser der nahen Quelle, und endlich lagert unsere Karawane an der — schmutzigen Wasserpfütze, bewachsen mit einem dichten Charafilz, belebt von Krebschen, Fliegenlarven und Blutegeln, umstanden von einigen dornigen Akazien. Das Wasser ist salzig und läuft selbst durch die Filter trübe, es ist 35° warm und hat einen faden Geschmack, aber dennoch trinken wir es mit Begier, um den Wasserverlust unseres ausgetrockneten Körpers zu ersetzen. Während sodann unsere Beduinen das Feuer anzünden und das Mittagsmahl rüsten, wandern wir nach dem Fufs des nahen Gebirges, um uns die Felsen zu betrachten, von denen der Samum ausgegangen war.

Wenn schon die Ebenen in der Wüste unser Interesse erregten, so ist die Gestalt und Form der Wüstenfelsen noch viel mehr geeignet, uns zum Nachdenken zu veranlassen.

Wir wenden uns zuerst dem Granitgebirge zu (s. Figur 1).

Steil und trotzig wie die Dolomiten von Südtirol, ohne Schutt, ohne Vegetation erheben sich die karminroten Felswände aus der Ebene. Eine schmale enge Schlucht dringt in die Felswände hinein, dürre Wüstenpflanzen stehen am steinigen Ufer des Trockenthales, niedriges Gestrüpp wächst in seiner sandigen Sohle. Je näher wir an die Granitfelsen herantreten, desto seltsamer werden die Gestalten, desto abenteuerlicher die Felsenformen (s. Figur 2). Obelisken und Kugeln, Zacken und Mauern, abenteuerliche Tiergestalten und tiefe Grotten bilden ein seltsames Gewirr. Hier scheinen Pilze oder Kohl-

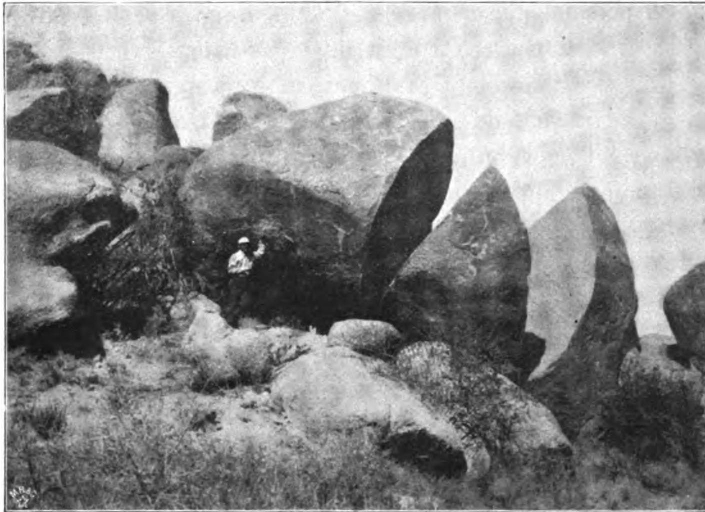


Fig. 3. **Granitblock, durch Insolation zerlegt.** Sierra de los dolores (Texas.) (Aufgenommen von Dr. G. von dem Borne.)

köpfe aus dem Boden zu wachsen, dort bilden riesige Blöcke ein gewaltiges Haufwerk. Tiefe Höhlen kriechen in den Felsen hinein, als ob riesige Wühltiere sie ausgegraben hätten.

Hier liegt ein grofser Granitblock, der innen so hohl ist, dafs ein Eremit leicht seine Wohnung darin aufschlagen könnte. Dort gewahren wir ein Trümmerfeld riesiger Granitblöcke, die mit braunem Wüstenlack überzogen sind. Ein 5 m hoher Kolofs (s. Figur 3) ist durch scharfe Sprünge wie eine Apfelsine in Stücke zerteilt, die noch so nebeneinander liegen, als wären die klaffenden Sprünge erst gestern entstanden. So brauchen wir unsere Phantasie nicht anzustrengen, um Tiergestalten und Menschenköpfe, plumpe Bären und zierliche Katzen, breitrückige Schildkröten und fletschende Löwen-

rachen, gehörnte Salamander und scharfgezackte Drachenkämme überall zu erblicken.

Aber indem wir unser Auge von den Einzelheiten auf die grofsen Formen der Granitlandschaft lenken, sehen wir wiederum eine fremdartige Scenerie. Ein schmales enges Thal führt uns hinein in einen weiten Bergkessel. Wie aus einer Firnmulde steigen ringsum himmelhohe Berge empor, und wenn wir eine solche Felswand auf schmalem gefährlichen Hirtenpfad überstiegen haben, dann öffnet sich wieder ein weiter Thalkessel, umgeben von einer zackigen Felsenmauer. Mögen wir den Granitdom des Brockens oder das Felsenlabyrinth der Luisenburg bei Wunsiedel durchwandern, solche Bergformen, solche Thäler, solche Granitfelsen suchen wir in unserem Klima vergebens.

Indem wir nun die Granitoberfläche näher betrachten, fällt es uns auf, wie frisch und unzersetzt der Granit der Wüste erscheint. Wenn bei uns gewöhnlich alle Feldspathkrystalle getrübt und zu weicher thoniger Porzellanerde zerfallen sind, sehen wir in der Wüste die Feldspathe unverwittert und in ihrer schönen fleischroten Farbe. Freilich sobald unser Hammer darauf fällt, werden wir eines besseren belehrt. Der scheinbar frische, gesunde Granit zerfällt sofort in ein Haufwerk erbsengrofser Bruchstücke. Die Quarzkrystalle trennen sich von den Feldspathen, die Hornblende und Glimmerkrystalle isolieren sich von den anderen Gemengteilen, und der ganze Mineralverband des sonst so festen Gesteins löst sich vollkommen auf. Wenn wir diese Erscheinung am Sinai ebenso beobachten wie an den Nilkataraken, in Nordindien wie in Westtexas, so müssen wir nach einer klimatischen Ursache für diese charakteristische Wüstenverwitterung suchen.

Tags über brennt die Sonne heifs auf den nackten ungeschützten Granitfelsen und erwärmt ihn auf 70 oder 80 ^{0}; nachts kühlt sich der Felsen rasch ab, und seine Temperatur kann auf 15 ^{0} C. oder noch weniger herabsinken. Wärme dehnt die Körper aus, Kälte zieht sie zusammen; aber in einem zusammengesetzten Gestein wie dem Granit reagiert ein roter Feldspathkrystall bei Erwärmung anders als ein weifser Quarz oder eine grüne Hornblende. Die Geschwindigkeit der Ausdehnung sowie der Wärmeabgabe ist in jedem Krystall eine andere, und so kommt es, dafs sich allmählich ein Krystall vom anderen ablöst und endlich das ganze Granitgestein in ein Haufwerk chemisch unzersetzter, wohl aber physikalisch zerteilter Elemente zerfällt. So entsteht ein grober Sand, der von der Sonne weiter zerkleinert wird und nur des Windes wartet, der im stande ist, die Sandkörner aufzuheben und davonzutragen..

Von dem Granit wenden wir unsere Aufmerksamkeit dem Sandsteingebirge zu. Hellgelbe Sandsteinfelsen spielen am Sinai eine grofse Rolle, riesige Flächen von Oberägypten werden von den Nubischen Sandsteinen bedeckt, rote Sandsteine bilden in den texanischen Halbwüsten mächtige Gebirge. Aber nur selten erscheint der Sandstein in der Wüste mit seiner eigentlichen Gesteinsfarbe. Denn es überzieht ihn fast regelmäfsig ein dünner firnisähnlicher Überzug von braunem oder schwarzem „Wüstenlack". Und die glänzenden dunkelbraunen Felsen machen einen ernsten und furchtbaren Eindruck.



Fig. 4. **Gebräunte Sandsteinfelsen und Granitgebirge im Uadi Mokatteb am Sinai.**
(Aufgenommen von der amerikanischen Palästina-Expedition.)

Viele Wüstenreisende haben solche gebräunte Sandsteine als Basalte beschrieben, glaubten riesige ausgebrannte Krater zu sehen und schildern in eindrucksvoller Weise doch nur die unheimliche Felsenwildnis der Sandsteinwüste. Figur 4 zeigt uns im Vordergrund dunkelgefärbte Sandsteinblöcke, die aufserdem dadurch von besonderem Interesse sind, dafs in ihrer Oberfläche Inschriften aus dem dritten Jahrhundert eingeritzt sind. Seit 1500 Jahren hat sich also dieser braune Überzug nicht verändert, so dafs man hier nicht von einer Verwitterungserscheinung sprechen kann und eher den braunen Überzug als „Schutzrinde" bezeichnen mufs.

Viel wunderbarer ist jedoch eine zweite Erscheinung, die man an Sandsteinfelsen in der Wüste oft beobachtet und welche die obere Abbildung des Titelblattes zur Darstellung bringen soll. Wir sehen eine

lange Felswand durch unregelmäfsig gestaltete, oft aber eiförmige Öffnungen durchbrochen. Zwischen den Fenstern sind Steinsäulen stehen geblieben, hinter denen ein geräumiger Gang in der Wand entlang zieht. Manchmal ist der Gang so niedrig und schmal, dafs nur niedliche Eidechsen in ihm entlang huschen und lustig aus den Öffnungen herausschauen, bisweilen aber kann ein Mensch ohne Mühe hinter den Säulen entlang kriechen. Gröfsere Säulengänge sind in Nordamerika gelegentlich von Höhlenbewohnern als Schlupfwinkel benutzt worden, und das hat die Vermutung wachgerufen, dafs alle solche Bildungen durch Menschenhand erzeugt worden seien. Aber wenn man kilometerlange



Fig. 5. **Pilzfelsen im Monumentenpark (Colorado.)**

Felswände von mehreren Reihen schmaler Fenster durchbrochen sieht, deren Öffnung viel zu klein ist, um einen Menschen hindurchzulassen, wenn die Säulengänge 20 bis 30 m hoch über dem Erdboden an steilen Abhängen auftreten, so bleibt nichts anderes übrig, als nach natürlichen Ursachen für diese sonderbare und charakteristische Wüstenerscheinung zu suchen.

Und die finden wir leicht, wenn wir noch andere Verwitterungsformen der Wüste studieren. Die untere Abbildung des Titelblattes giebt eine seltsame Felsenform wieder, der man im Granit- ebenso wie im Sandstein- oder Kalkgebirge in der Wüste nicht selten begegnet. Auf schmalem Fufs erheben sich mehrere runde Blöcke übereinander, die nicht etwa sekundär aufeinandergesetzt sind, sondern aus dem anstehenden Felsen herausmodelliert wurden. Betrachten wir

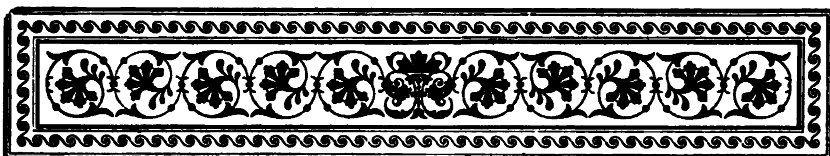
die Licht- und Schattenverteilung, so sehen wir ohne weiteres, dafs, wie bei den Säulengängen der innere Gang, so hier der Fufs der Felsen am stärksten beschattet ist. Während die vorhin geschilderte physikalische Verwitterung der Granitfelsen da am stärksten ist, wo am meisten Sonnenwärme hingelangt, ist in der Wüste die chemische Verwitterung durch Hilfe der Feuchtigkeit an den Stellen am wirksamsten, wo der Felsen beschattet ist. Hier hält sich die Nässe des Regens, des Taues am längsten, und mithin kann hier auch die chemische Zersetzung am meisten bemerkbar sein. So ist der Felsen im Innern der Säulengänge mürbe und bröckelig, während aufsen die braune Schutzrinde hält; so ist der beschattete Fufs der Felsen verwittert, wenn seine Oberseite hart und fest erscheint.

Indem aber der Fufs immer mehr verwittert und endlich ganz durchgesägt wird, entsteht eine Erscheinung, die durch ähnliche Vorgänge auch in den Alpenhochgebirgen gelegentlich gebildet wird, die sogenannten „Wackelsteine". Niemals würde das fliefsende Wasser im stande sein, einen solchen Riesenblock so beweglich aufzustellen, dafs er wie eine riesige Wage durch Menschenkraft oder heftige Windstöfse in schaukelnde Bewegung versetzt werden könnte.

Höchst abenteuerliche Felsenformen entstehen durch die Schattenverwitterung, wenn eine härtere Schicht das darunter liegende Gestein vor der Abtragung schützt. Dann erhebt sich, wie ein riesiger Champignon ein kleiner oder gröfserer Kopf auf verengtem Stiel, und die Pilzfelsen von Arizona (Figur 5) bringen diese sonderbaren Gebilde zur Darstellung. Mancher Pilzfelsen ist so hoch, dafs ein Kamelreiter unter ihm weg reiten kann. Am häufigsten aber sehen wir hohle Felsblöcke und bisweilen kann man zeigen, wieviel Jahrtausende ungefähr nötig sind, um einen Block so auszuhöhlen, dafs nur noch eine handbreite Rinde übrig bleibt. Mauern, aus riesigen Kalksteinquadern gefügt, umgeben die Pyramiden von Giseh. Ähnliche Bauwerke sehen wir im Uadi Guerraui bei Heluan. Die Kalkblöcke sind hohl, und da sie vor 4000 Jahren zusammengefügt worden sind und damals ohne Zweifel nicht ausgehöhlt waren, so hat die Schattenverwitterung innerhalb dieses Zeitraums so wunderbare Wirkungen hervorgerufen.

(Schlufs folgt.)





Wesen und Bedeutung der „Graphischen Künste“ für den Illustrations- und Karten-Druck.

Nach einem Vortrage, gehalten bei der öffentlichen Preis-Verteilung in der Aula der Herzoglichen Technischen Hochschule zu Braunschweig.

Von **Professor Dr. C. Koppe.**
(Schlufs.)

Zusammenfassung der Resultate.

Überblicken wir die verschiedenen Reproduktions-Methoden noch einmal kurz mit ihren Eigentümlichkeiten, so werden Kupfertiefplatten wesentlich durch drei verschiedene Verfahren hergestellt, entweder mit Hand als Stich, Radierung, Schabung etc., oder durch Photogalvanographie, d. h. Herstellung und galvanoplastische Abformung eines der Zeichnung entsprechenden Chromogelatine-Reliefs, oder durch Photogravüre, d. h. Belichtung einer mit lichtempfindlichem Chromleim überzogenen Kupferplatte unter einem Glaspositive, Auswaschen und Tiefätzen der Platte. Diese Tiefätzung kann sowohl bei der nach der Belichtung im warmen Wasser ausgewaschenen und daher an den nicht belichteten Stellen freigelegten Kupferplatte geschehen, als auch bei der mit kaltem Wasser behandelten Platte. Das kalte Wasser löst den nicht belichteten Chromleim zwar nicht ganz auf, aber es dringt in ihn hinein und macht ihn so durch Aufnahme von Wasser aufquellen. Beim Behandeln mit Ätzflüssigkeit dringt diese dann auch ihrerseits in die wasserhaltigen gequollenen Teile und ätzt die unterliegende Platte gleichsam durch die Chromgelatineschicht hindurch entsprechend der Lichtwirkung in geringerem oder stärkerem Mafse.

Stich, Radierung und Photogalvanographie ermöglichen die feinsten und schärfsten Reproduktionen von Zeichnungen und Bildern in Linien- und Strichmanier, vorausgesetzt, dafs die Originalzeichnung für die Photographie sehr sauber und rein schwarz auf weifsem Grunde ausgeführt ist. Der Mafsstab der photomechanisch zu repro-

duzierenden Vorlage kann etwas gröfser genommen werden als der Mafsstab der Abdrücke, damit durch die photographische Reduktion an Schärfe entsprechend gewonnen wird. Das zulässige Mafs der Verkleinerung hängt von der Natur der Vorlage ab. Radierung mit Ätzung der eingestaubten Platte, Rauhung der Platte mit Roulette und Wiege, bezw. Anwendung der Schabung, sowie namentlich auch die Photogravüre eignen sich zur Wiedergabe von Halbtonbildern mit feinem Korn, weniger zur Wiedergabe scharfer Strichzeichnungen, da die Ätzung im allgemeinen nicht die Schärfe der Linien liefert, wie der Stich und die Photogalvanographie, während durch das Körnen der Platte weiche Töne hervorgebracht werden.

Wie vielseitig die Methoden im einzelnen modifiziert werden können, dafür nur ein Beispiel, der Obernettersche Lichtkupferdruck. Obernetter stellt zunächst photographisch ein abziehbares Chlorsilberbild her, legt das Häutchen auf eine blanke Kupferplatte und leitet dann einen elektrischen Strom hindurch. Dieser zersetzt das Chlorsilber, und das freie Chlor ätzt dann die Kupferplatte entsprechend seiner Menge, welche der Lichtwirkung entspricht.

Die verstählte Kupfertiefdruck-Platte hat den früher viel mehr benutzten „Stahlstich“ bis auf seine Verwendung zum Banknoten-Druck fast vollständig verdrängt. Die Gravierung der Stahlstichplatten geschieht wie beim Kupferstich mit dem Grabstichel auf den vorher enthärteten Stahlplatten. Vor dem Drucke werden die Platten neu gehärtet. Sie besitzen dann eine sehr grofse Dauerhaftigkeit, liefern aber härtere und kältere Drucke wie die Kupferplatten, weshalb sie von jenen verdrängt wurden; Korrekturen sind schwerer auszuführen als beim Kupferstich.

Der Kupfertiefdruck steht unter allen Druckmethoden in mehrfacher Hinsicht am höchsten. Viele der gröfsten Künstler haben ihn eigenhändig ausgeführt, und die schönsten Reproduktionen der Schätze unserer Museen und Gallerien werden in Kupfertiefdruck ausgeführt. Dieser Druck an sich kann als eine Kunst bezeichnet werden, so sorgfältig mufs er von Hand ausgeführt werden. Dem entspricht die geringere Schnelligkeit der Herstellung und die Höhe des Preises. Beide sind aber wesentlich günstiger geworden durch Zuhülfenahme der Photographie, welche den weiteren Vorzug hat, originalgetreue Abbilder zu liefern, während beim Stich von Hand stets die Persönlichkeit des Stechers die Reproduktion beinflufst. Die Photogravüre hat eine sehr grofse Verbreitung gefunden und den Stich derart zurückgedrängt, dafs die Zahl der tüchtigen Kupferstecher

immer geringer wird. In den Schaufenstern aller Kunsthandlungen sind Photogravüren nach Landschaftsaufnahmen, Bildern und Kunstwerken aller Art in reicher Fülle täglich zu bewundern.

Hochdruckplatten für die Buchdruckpresse werden vornehmlich in zwei Arten hergestellt, einmal als Holzschnitt oder Holzstich, welch letzterer auch Tonwirkungen gestattet, oder als Zinkographie, d. h. Zinkhochätzung ohne oder mit Halbtonzerlegung durch „Raster", „Korn- oder Schabpapier" etc. Beim Holzschnitt beschränkt sich die Benutzung der Photographie wesentlich darauf, dafs man die Vorzeichnung für den Stecher anstatt wie früher mit der Hand nunmehr als Photogramm auf den zu bearbeitenden Holzstock bringt und dadurch dem Xylographen die Arbeit erleichtert. Der Holzschnitt ist durch die Zinkographie vielfach verdrängt worden, doch beweisen die künstlerisch schönen Holzschnitte z. B. der Leipziger illustrierten Zeitung, sowie die im gleichen Verlage erscheinenden Meisterwerke der Holzschneidekunst und andere zur genüge seine Lebensfähigkeit gegenüber allen neueren Reproduktionsmethoden. Auch als Buchillustration durch die Buchdruckerpresse steht er immer noch weit höher, als die Zinkographie wegen der Klarheit und Bestimmtheit seiner Drucke. Aber er ist entsprechend teurer wie die Zinkhochätzung. Bei letzterer kommt es lange nicht so sehr darauf an, ob die zu reproduzierende Vorlage viel oder wenig detailreich ist; der Preis pro Quadrat-Decimeter Druckplatte beträgt gleichwohl nur 10—20 M. Beim Holzschnitt hingegen kann der Preis mit dem Detailreichtum der Vorlage auf das Zehnfache steigen. Nimmt man hinzu, dafs die Herstellung des Holzschnittes weit mehr Zeit erfordert als die Zinkätzung, so begreift man leicht, warum in all unseren illustrierten Journalen, Witzblättern etc. die Zinkographie vorherrschend geworden ist, namentlich auch als Autotypie etc. zur Wiedergabe von Halbtonbildern mit direkter Tonzerlegung in druckbares Korn, ohne dafs der Stecher diese Zerlegung von Hand bewerkstelligen mufs.

Flachdruckplatten können direkt hergestellt werden, einmal durch Zeichnung von Hand auf Stein- oder Metallplatten, d. h. Kreide- oder Federzeichnung mit besonderer Tinte und Kreide, oder als schwach vertiefter Stich, durch feine Steingravüre oder durch Tiefätzung.

Die Herstellung der Druckplatten zur Photolitographie geschieht entweder durch direkte Übertragung des Bildes auf den asphaltierten Stein, d. h. Belichtung desselben unter einem Negative, so dafs auf dem Steine ein unlösliches Asphaltbild entsteht, von wel-

chem direkt gedruckt werden kann, oder durch doppelte Übertragung mit Hülfe des Chromgelatine-Papieres, indem das Bild zunächst auf diesem erzeugt und von ihm auf den Stein übertragen wird.

Ein direktes Chromgelatine-Flachdruckverfahren ist der Lichtdruck. Als Unterlage der lichtempfindlichen Chromgelatine dient bei ihm meist eine starke Glasplatte, an welcher die Gelatine durch eine besondere Zwischenschicht fest haftend gemacht wird, um eine möglichst grofse Zahl Abdrücke ohne Beschädigung aushalten zu können.

Auf einer Benutzung der Einwirkung des Lichtes auf lichtempfindlichen Asphalt in Verbindung mit der Ätzung zur Herstellung von Druckplatten beruhen die Verfahren des Kommandanten de la Noë und des Direktors Eckstein. Bei ersterem wird die mit einer Asphaltschicht überzogene Zinkplatte unter einem Diapositive belichtet, ausgewaschen und an den der Zeichnung entsprechenden freigelegten Stellen tiefgeätzt. Dann werden diese Vertiefungen wieder mit Asphalt ausgefüllt und die übrigen Oberflächenteile der Platte blank gerieben. Beim Ecksteinschen Verfahren tritt an Stelle der Zinkplatte ein Lithographie-Stein, welcher in analoger Weise mit Asphalt behandelt und tiefgeätzt wird. Diese Vertiefungen werden aber nicht wieder ausgefüllt, sondern es wird von der vertieften Zeichnung gedruckt, nachdem dieselbe durch Einfetten zur Aufnahme der Druckfarbe fähig gemacht worden ist. Diese Verfahren werden in Belgien bzw. Holland zum Drucken der Generalstabskarten benutzt. Um seine Steinätzung zur Wiedergabe von Halbtonbildern geeignet zu machen, bedruckt Eckstein den hierzu bestimmten Stein zuvor mit einem Rasternetze, welches bei der Ätzung zugleich mit dem Bilde in schwach vertiefter Form übertragen wird, und zwar in verschiedener Tiefe durch mehrfache Ätzung mit Ätzflüssigkeiten von verschiedenem Konzentrationsgrade und Abdeckung der helleren Halbtonpartien. Das Ecksteinsche Steinätzverfahren bildet somit ein Analogon zur Metalltiefätzung und hat dessen Vor- und Nachteile.

Das vollkommenste Halbton-Reproduktionsverfahren im Flachdrucke ist der Lichtdruck, d. h. der direkte Druck von einer Chromgelatine-Schicht, welche auf einer starken Glasplatte ausgebreitet, unter einem Negative*) belichtet und dann mit kaltem Wasser behandelt wurde. Durch Belichten der Unterfläche der Gelatine-Schicht durch die dicke Glasplatte hindurch wird der untere Teil der Schicht ganz unlöslich und fest an der Glasplatte haftend gemacht, weshalb eben

*) Das Negativ mufs „verkehrt“ und daher auf abziehbarer Platte oder mit Benutzung eines Spiegel-Prismas aufgenommen sein.

durchsichtiges Glas als Unterlage und Druckplatte benutzt wird. Der Druck von der Gelatineschicht selbst gestattet die Wiedergabe der feinsten und zartesten Halbtöne, verlangt aber Vorsicht, sowie Sachkenntnis und Fertigkeit in erhöhtem Maſse, weil die empfindliche Schicht durch den Druck leicht abgenutzt und zerstört werden kann, weit mehr, wie bei der viel ausgiebigeren und daher auch billigeren Photolithographie. Das direkte Lichtdruck-Verfahren giebt das zu reproduzierende Original in thunlichster Naturtreue wieder. Es eignet sich daher, zumal die nötige Auflage dort meist keine sehr groſse ist, vorzüglich auch zur Wiedergabe von Facsimile-Drucken nach Handschriften und Autographien aller Art. So sind z. B. wichtige eigenhändige Briefe des Kaisers Wilhelm I. mehrfach in der Reichsdruckerei in Berlin in vorgeschriebener Zahl kopiert worden, und auch das Abschiedsschreiben des Fürsten Bismarck an die ihm unterstellten Beamten bei seinem Ausscheiden aus dem Staatsdienste wurde auf dem gleichen Wege vervielfältigt.

Auch kartographische Handrisse mit Originalzahlen etc. werden durch Lichtdruck vorteilhaft in Originaltreue vervielfältigt.

In Betreff der Verwendung von Chromgelatine oder lichtempfindlichem Asphalt sei noch folgendes bemerkt: Die nach dem Belichten mit kaltem Wasser behandelte Chromgelatine erhält beim Trocknen in der Wärme ein natürliches Korn durch eine Runzelung ihrer Oberfläche an den belichteten und dadurch unlöslich bezw. unaufquellbar gewordenen Stellen. Je nach der Höhe der beim Trocknen benutzten Temperatur wird das Korn feiner oder gröber, auch kann seine Form durch verschiedene Zusätze geändert werden. Soll von einer fertigen Lichtdruckplatte gedruckt werden, nachdem dieselbe einige Zeit unbenutzt gelegen hat, so muſs dieselbe vor dem Druck neu befeuchtet werden. Die Feuchtigkeit, welche die Chromgelatine hierbei je nach dem Grade der Belichtung in sich aufnimmt, giebt ihrer Oberfläche die Eigenschaft, weniger oder mehr Druckfarbe anzunehmen, und zwar so genau entsprechend der voraufgegangenen Einwirkung des Lichtes auf dieselbe, daſs die feinsten und zartesten Halbtöne eines zu reproduzierenden Originales beim Abdrucke der Platte zur vollen Geltung gelangen, analog wie bei einer Photographie.

Der Asphalt besitzt eine dieser Quellung und natürlichen Kornbildung entsprechende Eigenschaft nicht. Das Asphaltverfahren eignet sich daher direkt nur zur Reproduktion von Zeichnungen oder dergleichen Vorlagen und Originalen in Linien- und Strich-Manier. Auch ist die im Vergleich zur Chromgelatine und zum Chromalbumin

geringe Lichtempfindlichkeit des Asphaltes, dessen beste Qualität im toten Meere gefischt wird, jenen gegenüber ein Nachteil. Aber das Asphaltverfahren gewährt eine Wiedergabe feiner Linien und Striche mit grofser Schärfe und ist daher für die Kartographie von gröfserer Bedeutung, wie der Lichtdruck, dessen hervorragendster Wert in der Wiedergabe der Halbtöne und feinsten Übergänge liegt. Auch das Asphaltverfahren kann zur Wiedergabe von Halbtönen geeignet gemacht und benutzt werden durch künstliche Körnung der Oberflächenschicht, indem man z. B. eine stark gekörnte Fläche als Unterlage der Asphaltschicht benutzt, wie solches bei Herstellung der mehrfarbigen „Photochrom"-Bilder der Schweiz etc. geschieht; doch bleibt der Lichtdruck dem Asphaltverfahren infolge seines feinen, natürlichen Kornes in Bezug auf die Reproduktion von Halbtonbildern künstlerisch weit überlegen, gestattet aber nur geringere Auflagen. Eine sehr grofse Rolle spielt beim Flachdruck-Verfahren der „Umdruck". Wie die in Autographie mit autographischer Tinte ausgeführten Schriftstücke oder Zeichnungen durch Umdruck auf Stein- oder Zinkplatten in der lithographischen Presse weiter vervielfältigt werden können, so lassen sich auch fertige Druckplatten aller Art vermittels Umdruckpapiers auf Stein- oder Zinkplatten übertragen und als Flachdrucke dann rascher und billiger vervielfältigen. Tiefdruckplatten und auch Hochdruckplatten lassen sich für die verschiedenartigsten Zwecke auf Stein oder Zink umdrucken. Die Vereinigung von Lettern-Schrift mit Lithographie durch Umdruck der ersteren auf Stein wurde früher erwähnt, ferner auch der Umdruck von Stein auf Zink behufs Hochätzung für die Benutzung der Buchdruckerpresse. Alle Halbtonzerlegungen durch Netz- und Rasterverfahren, durch Zeichnung auf Korn- und Schabpapieren etc. sind ebenfalls durch Umdruck zu übertragen oder auch direkt beim Flachdrucke verwendbar. Nur Lichtdruckplatten mit feinem Korn lassen sich nicht gut auf Stein- oder Metallplatten umdrucken, da hierbei die feinen Punkte zu leicht zusammenfliefsen.

Die ausgedehnteste Verwendung findet das Flachdruckverfahren zur Herstellung mehrfarbiger Abbildungen, von denen seither noch nicht gesprochen wurde.

Mehrfarbige Drucke.

Mehrfarbige Drucke verlangen im allgemeinen so viel einzelne Druckplatten, wie sie verschiedene Farben enthalten sollen. Denkt man sich in einer farbigen Vorlage alle verschiedenen Farben mit

Umrissen umzogen und diese Konturen für die einzelnen Farben auf besondere Druckplatten gebracht, so wird man die von ihnen eingeschlossene Fläche nach entsprechender Vorbereitung mit den betreffenden Farben einwalzen und eine nach der anderen auf ein und dasselbe Blatt abdrucken können, um einen dem Originale in allen Farben entsprechenden Abdruck zu erhalten. Natürlich ist sorgfältig darauf zu achten, dafs beim Zusammendrucke alle Konturen mit ihren Farben genau dieselbe gegenseitige Lage erhalten, welche sie im Originale haben, d. h. genau wieder zusammenpassen. Dieses „Anpassen“ der einzelnen Farbendrucke verursacht bei den verschiedenen Druckmethoden ungleiche Schwierigkeiten. Sehr schwer zu erreichen ist es beim Tiefdrucke, welcher zum Einpressen in die Vertiefungen auf angefeuchtetes und daher stark und rasch veränderliches Papier ausgeführt werden mufs. Vielfarbige Kupfertiefdrucke werden daher nicht ausschliefslich durch Zusammendrucken von verschiedenen Platten hergestellt, sondern auch entweder von ein und derselben Platte gleich mehrfarbig abgedruckt, oder sie werden vermittelst Handkolorits mit den verschiedenen Farben nach und nach angelegt. Im ersteren Falle müssen naturgemäfs vor jedem Abdrucke alle Farben in ihrer richtigen gegenseitigen Lage auf die eine Platte gebracht werden, was Geschick und Zeit erfordert. Dem gegenüber geschieht das Kolorieren eines einfarbigen Unterdruckes, welcher zugleich die Konturen der verschiedenen Farben liefert, von Hand mit Hülfe von Schablonen bei einiger Übung leicht und rasch. Es wird meist von Mädchen und Frauen mit vielem Geschick ausgeführt, so bei J. Perthes in Gotha für seine schönen Kupferstichkarten, ferner beim Preufsischen Generalstabe, wo die Koloristinnen den Beinamen die „Gräfinnen“ sich erworben haben, für die in Kupferstichdruck hergestellte Karte des Deutschen Reiches in 1 : 100 000 u. s. w. Bei Kupferdruckkarten mit schwarzer Situation und brauner Bergschraffur, welch letztere nicht durch Handkolorit hergestellt werden kann, mufs von zwei entsprechenden Farbenplatten gedruckt werden. Dieser Zusammendruck erfordert grofse Vorsicht und mufs unmittelbar hintereinander auf jedes einzelne Blatt ausgeführt werden, ehe noch Verziehungen desselben stattfinden können. So stehen beim Drucke der schönen Karte des Deutschen Reiches in 1 : 500 000, welche ebenfalls von J. Perthes in Gotha hergestellt wird, die zwei Kupferdruckpressen unmittelbar neben einander, und jedes mit dem Schwarzdrucke versehene Blatt wandert von dieser Presse sofort zur anderen, um den Braundruck zu erhalten, ehe es sich verändert. In analoger Weise geschieht der

Kupfertiefdruck dreifarbiger Kurven-Karten — Situationen schwarz, Gewässer blau, Kurven braun —, welcher in Deutschland namentlich von H. Petters in Hildburghausen und Stuttgart gepflegt wird.

Vielfach werden zur Herstellung mehrfarbiger Drucke, namentlich bei grofsem Formate, Tiefdruckplatten auf Steine abgedruckt und dann mit den weiteren Farben durch lithograpischen Flachdruck versehen. Auf solchem Wege wird z. B. die vorhin erwähnte, in Kupfer gestochene Karte Deutschlands in 1 : 500 000 geologisch koloriert. Der Flachdruck erfordert eine weit geringere Anfeuchtung des Papiers als der Tiefdruck und ist daher viel leichter mafshaltig auszuführen. Zudem kann nicht nur der Druck, sondern auch das Anpassen der einzelnen Farbsteine, die sogen. Punktierung, mechanisch vollzogen und daher weit rascher vollendet werden. Auch der mehrfarbige Lichtdruck hat grofse Verbreitung gefunden, sowohl zur Reproduktion von mehrfarbigen Kunstwerken, wie z. B. für die amtlichen Publikationen der Königl. National-Gallerie in Berlin, veranstaltet von der „Vereinigung der Kunstfreunde“ ebendaselbst, sowie auch in Verbindung mit der Lithographie zur Anfertigung von Reklamebildern und mehrfarbigen Plakaten aller Art. Der Unterdruck wird hierbei meist durch Lichtdruck hergestellt und das Kolorit dann durch Chromolithographie. Die sogenannten Aquarallfarbendrucke, Ölfarbendrucke etc. sind Farbenlichtdrucke oder Chromolithographien im Charakter von Aquarellen, von Ölbildern etc. gehalten.

In Reklamebildern leistet Frankreich weit mehr wie andere Länder, weil hervorragende Künstler es nicht verschmähen, die Vorlagen zu liefern. Doch finden die Reklamebilder auch in Deutschland immer mehr Beachtung.

Mehrfarbiger Hochdruck wird sowohl mit Holzschnitt wie in Zinkographie ausgeführt, ersterer z. B. von Bong in Berlin zur Illustration seiner Zeitschriften „Moderne Kunst“ und „Zur guten Stunde“, letzterer mehrfach als mehrfarbige „Autotypie“ und als „Dreifarbendruck.“

Da man die verschiedenartigsten Farbennüancen durch Mischen der 3 Grundfarben rot, gelb und blau hervorbringen kann, so war man bemüht, dasselbe auch durch Zusammen- bezw. Übereinanderdrucken dieser drei Farben zu erreichen. Eckstein erzielte, wie wir gesehen haben, verschiedene Tonstufen einer Farbe dadurch, dafs er die einzelnen Teile eines mit Raster versehenen Steines mehr oder weniger zahlreichen Ätzungen aussetzte. Indem er sich nun drei Farbsteine für die drei Grundfarben rot, gelb und blau herstellte, jedem derselben durch verschieden lange Ätzungen die erforderlichen

Tonstufen gab und alle drei dann zusammen und übereinander druckte, erreichte er eine vielseitige und prächtige Farbenwirkung, wie man an den vielfarbigen Karten der Holländischen Kolonien bewundern kann. Die drei Farbenplatten für den sogen. „Naturfarbendruck“ auf photographisch-mechanischem Wege herzustellen, ist man in neuerer Zeit eifrig bemüht, sowohl für das Flachdruck-, wie das Hochdruck-Verfahren. Man macht dazu von dem farbigen Originale drei getrennte Aufnahmen durch drei farbige Gläser, sogen. Farbenfilter, die eine durch ein rotes, die andere durch ein gelbes, die dritte durch ein blaues, bezw. durch ein mit ihren Complementairfarben gefärbtes Glas. Wenn z. B. ein rotes Glas nur rotes Licht durchläfst, so wirkt auch nur der rote Teil des Bildes auf die photographische Platte, und ebenso wirkt bei den beiden andern Aufnahmen nur der blaue und der gelbe Teil. Man erhält somit durch diese Zerlegung drei photographische Abbildungen, von denen jede einzelne nur den in ihrer Farbe vorhandenen Teil des Gesamtbildes enthält, und die dann entsprechend weiter benutzt werden können, um drei Lichtdruck-Platten, drei Autotypie-Platten etc. nach ihnen herzustellen für die drei einzelnen Farben. Der Zusammendruck der drei Farbenplatten giebt dann eine dem mehrfarbigen Originale entsprechende farbige Reproduktion, doch mit dem schwer vollständig zu beseitigenden Unterschiede, dafs die drei Druckfarben rot, gelb und blau da, wo sie übereinander fallen, nicht diejenige Farbennüance geben, welche ihre Mischung liefert, da ja die eine die andere bedeckt und auch die Farbenfilter nicht der angenommenen Theorie vollständig entsprechend wirken. Die Praxis entspricht aus diesem Grunde noch nicht vollständig der Theorie, dafs sich aus rot, gelb und blau alle Farbentöne zusammensetzen lassen, und es werden in den meisten Fällen mehr als drei Farbenplatten zur Reproduktion mehrfarbiger Originale benutzt, vielfach bis zu einem Dutzend und mehr.

Verwendung der Reproduktionsmethoden in der Kartographie.

Die vorstehend besprochenen Druck- und Vervielfältigungsmethoden werden auch in der Kartographie verwendet, die einen in geringerem, die anderen in ausgedehnterem Mafse. So sind z. B. die Karten der Heimatskunde, an welchen das Kind seine ersten geographischen Studien macht, meist in der Buchdruckerpresse von Zinkhochätzungen abgedruckt, um dieselben möglichst rasch und billig herstellen zu können. Der grofse Andréesche Atlas, welcher eine

so ausgedehnte Verbreitung gefunden hat, ist in Lithographie hergestellt, d. h. in Steinstich mit Benutzung verschiedener Farbensteine; die schönen Karten des Stielerschen Atlas, welche wohl unübertroffen dastehen, sind dagegen Kupfertiefdruck, d. h. Stich mit Farbenkolorit von Hand.

Für die Vervielfältigung von Karten kommt bei der Auswahl des anzuwendenden Druckverfahrens eine wichtige Eigenschaft der Druckplatten in Betracht, welche seither nur kurz erwähnt wurde, das ist die Korrekturfähigkeit der Platten. Wenn ein Kunstwerk reproduziert und wohl gelungen vorliegt, so verlangt niemand eine Änderung der Druckplatten. Ebenso wenig bei der Wiedergabe von Landschaften, Gebirgsansichten etc., sei es durch Photogravüre, Lichtdruck, Chromolithographie u. s. w. Ganz andere aber sind die Anforderungen bei der Karte eines volkreichen Landes, einer verkehrsreichen Stadt, eines Industriebezirkes oder dergleichen. Neubauten von Häusern, Fabriken und industriellen Werken, Anlagen von Strafsen Feldwegen, Eisenbahnen und Kanälen, Flufskorrektionen, Landesverbesserungen, Ausrodungen u. s. w., kurz Veränderungen aller Art können das Bild einer Gegend in kurzer Zeit derart umgestalten, dafs eine von ihr angefertigte Karte nach kurzer Zeit unrichtig und unbrauchbar wird. Meist ist aber eine richtige Karte um so erwünschter und wichtiger, je mehr und je raschere Veränderungen in der von ihr dargestellten Gegend vorkommen, d. h. je mehr Leben und Entwickelung vorhanden sind. Es erscheint daher unmittelbar einleuchtend, dafs für den Kartendruck diejenigen Druckplatten die vorteilhaftesten sind, welche die gröfste Korrekturfähigkeit besitzen, in die also ohne Schwierigkeit, und ohne die Platten zu verschlechtern, alle Veränderungen nachgetragen werden können, um die Karten jeweils auf dem „Laufenden", d. h. richtig zu erhalten.

Das Verhalten der verschiedenen Druckplatten dieser Anforderung gegenüber ist aber ein sehr ungleiches. Allen Anforderungen der Korrekturfähigkeit entsprechen nur die Tiefdruck-Kupferplatten. Die durch Stich, Heliographie, Gravüre etc. in den Platten hervorgebrachten Vertiefungen können durch Aufhämmern von der Rückseite her beseitigt, die betreffenden Stellen der Platte hierdurch geebnet und dann neu gestochen werden, oder es können behufs Vornahme von Nachtragungen und Ergänzungen in der Karte ganze Stücke der Platte ausgestochen und neu eingesetzt werden, wobei auch von der Galvanoplastik vorteilhaft Gebrauch gemacht werden kann. Die Korrekturfähigkeit der Kupfertiefdruckplatten ist nahezu unbegrenzt, gleichviel ob es sich

um Reproduktionen von Zeichnungen in Strichmanier oder mit Halbtönen handelt.

Weit beschränkter ist die Korrekturfähigkeit der Lithographiesteine. Um die Zeichnung von einer bestimmten Stelle der Steinplatte zu beseitigen, mufs dieselbe dort abgeschliffen werden, wobei eine leichte Vertiefung entsteht. Wiederholt man nun ein solches Korrekturverfahren zu oft, so werden die durch mehrfaches Abschleifen verursachten Vertiefungen und Unebenheiten der Steine so erheblich, dafs die von ihnen gewonnenen Abdrücke verschwommen und unscharf ausfallen. Bei geschickter und vorsichtiger Behandlung reicht immerhin die Korrekturfähigkeit des Lithographie-Steines bis zu einer mäfsigen Grenze der Wiederholung aus, welche aber weit enger begrenzt ist, wie beim Kupfertiefdruck.

Wenig oder so gut wie gar keine Korrekturfähigkeit besitzen die Hochdruckplatten, namentlich Hochätzungen für Halbtonbilder. Bei letzteren sind Korrekturen so gut wie gänzlich ausgeschlossen, während solche beim Holzschnitte und der Zinkographie in Strichmanier grofse Schwierigkeiten und Kosten verursachen.

Die Korrekturfähigkeit der Druckplatten wächst demnach im allgemeinen mit dem Preise und der Güte der Druckmethoden. Sie ist beim Tiefdruck am gröfsten, beim Hochdruck am geringsten. Wird ersterer nun in der Kartographie allein angewendet? Durchaus nicht! Wie der eine gute und recht dauerhafte Anschaffungen liebt, der andere es vorzieht, häufiger eine thunlichst geringe Ausgabe zu machen, und der dritte einen Mittelweg einschlägt, so auch hier.

Das reiche und konservative England stellt alle seine Kartenwerke, Generalstabs-, Grafschafts- und Katasterkarten durch Kupfertiefdruck her; das leichtbewegliche Belgien durch Zinkätzung nach französischem Muster, während das benachbarte Holland der Lithographie den Vorzug giebt. Die deutsche Reichskarte in 1:100000 wird in Kupfer gestochen, zum Teil durch Photogalvanographie hergestellt, ebenso die vom preufsischen Generalstabe übernommene und jetzt neu bearbeitete Reimannsche Karte von Mitteleuropa in 1:200000. Die preufsischen und hessischen Mefstischblätter in 1:25000 sind in Steindruck gefertigt, diejenigen der süddeutschen Staaten in Kupfertiefdruck. Als es sich in den sechziger Jahren für Österreich darum handelte, möglichst rasch eine neue topographische Landeskarte herzustellen, wurde als Vervielfältigungmethode die Photogalvanographie gewählt, weil es leichter war, die erforderliche grofse Anzahl fähiger Kartographen zur Anfertigung der zeichnerischen Vor-

lagen auszubilden, als eine für den Stich in gleicher Weise ausreichende Zahl tüchtiger Kupferstecher zu erhalten. Die im Wiener militärgeographischen Institute zur Reproduktion der neuen österreichischen topographischen Spezialkarte in 1:75000 ausgebildete Vervielfältigungsmethode der Photogalvanographie fand später auch Anwendung in mehreren anderen Staaten. In Italien wurde sie modifiziert durch den General Avet, welcher sein Verfahren der italienischen Regierung abtrat. Diese benutzte es zum Drucke der neuen Karte von Italien im Mafsstabe von 1:100000, während zur Drucklegung der Mefstischblätter die vereinfachte Methode der Photozinkographie verwandt wird.

Die erste topographische Landeskarte, die unter Benutzung eines festen Rahmens von Dreiecksnetzen auf einheitlicher Grundlage hergestellt wurde, war die Generalstabskarte von Frankreich in 1:80000. Sie wurde, wie alle älteren grundlegenden Kartenwerke, in Kupfer gestochen, während zu den neueren französischen Kartenreproduktionen auch Lithographie und Photozinkographie etc. verwandt werden. Eine hervorragende Stellung in Bezug auf topographische Landeskartographie nimmt die Schweiz ein. Als würdiges Seitenstück zur Generalstabskarte von Frankreich bearbeitete dort der General Dufor in der ersten Hälfte des Jahrhunderts die nach ihm benannte topographische Karte der Schweiz in 1:100 000 mit „schräger“ Beleuchtung. Er benutzte zur Reproduktion ebenfalls den Kupferstich, während zur Vervielfältigung der schweizerischen Mefstischaufnahmen zum Teil auch Steindruck verwendet wird, und zwar letzterer rationeller Weise für das Hochgebige, wo die Veränderungen nicht so rasch vor sich gehen, wie in den übrigen, weniger gebirgigen Teilen des Landes. Das schweizerische topographische Büreau verhielt sich unter Siegfrieds Leitung längere Zeit sehr zurückhaltend gegenüber den neueren Methoden der Kartenvervielfältigung mit Verwertung der Photographie, in neuerer Zeit wird aber auch von diesen daselbst Gebrauch gemacht. Die gegenwärtig mit Vorliebe behandelten sogen. „Reliefkarten“. d. h. Kurvenkarten mit Reliefabtönung, um deren Ausbildung sich unstreitig die Schweizer Kartographen das gröfste Verdienst erworben haben, werden dort durch Kreidezeichnung auf Stein hergestellt und litographisch von Kümmerli in Bern vervielfältigt. Petters in Hildburghausen verwendet zu seinen Abtönungen Kupferdruck und Roulette, welches feineres Korn und weichere Übergänge liefert, wie z. B. bei Badischen Schwarzwaldkarten, der Braunschweigischen Reliefkarte Harzburg-Brocken etc. Orell & Füfsli endlich,

um auch ein Beispiel der Verwendung von abgetönten Hochdrucken zu nennen, benutzt bei Herstellung seiner „Volkskarte“ der Schweiz zur Wiedergabe der Halbtöne die Autotypie, d. h. Zinkographie mit Herstellung der Halbtöne mittelst Carreaugraphie.

Aus dieser kurzen Aufzählung der in verschiedenen Ländern zum Kartendruck benutzten Reproduktionsmethoden dürfte hinreichend klar hervorgehen, dafs die Frage, welches ist hierzu das beste Vervielfältigungs-Verfahren, nur schwer mit genügender Vollständigkeit zu beantworten ist. Im allgemeinen werden die neuen und zum Teil sehr billigen Reproduktionsmethoden mit Hülfe der Photographie vorteilhaft überall da Anwendung finden, wo es sich um rasche Herstellung von Kartenwerken für geringere Zeitdauer und spezielle Zwecke handelt, gleichviel, ob dieselben militärischer, statistischer, technischer oder kommerzieller Natur sind. Bei grundlegenden Kartenwerken hingegen, welche auf Generationen hinaus eine feste Grundlage für die Topographie des betreffenden Landes bilden sollen, wird der Kupfertiefdruck den Vorzug verdienen. Stich und Photogalvanographie liefern nahezu gleichwertige Resultate für Situationszeichnung, Kurven und Schrift. Bergschraffur hingegen wird bei der photographischen Reproduktion ausdrucksloser und verflacht, namentlich bei steileren Terrainpartien, worauf bei Herstellung der Original-Zeichnungen entsprechend Rücksicht zu nehmen ist. Alle photographisch-mechanischen Reproduktionsmethoden wirken auf eine Verminderung der Kontraste hin. Stehen tüchtige Zeichner zur Anfertigung der Original-Vorlagen zur Verfügung, so führt die Photogalvanographie rascher und billiger zum Ziele, aber nur bei einem grofsen Staatswesen können mit Vorteil eigene Einrichtungen für solche Zwecke getroffen werden.

Durch Herstellung einer grundlegenden topographischen Landeskarte gröfseren Mafsstabes in Kupfertiefdruck wird eine Original-Vorlage geschaffen, welche durchaus korrekturfähig ist und ihrerseits auf billigem photographisch-mechanischem Wege weiter vervielfältigt werden kann, im gleichen oder im kleineren Mafsstabe für die vielerlei speziellen Zwecke der Staatsverwaltung, der angewandten Wissenschaft, der Touristik etc. Hierbei ist jedoch vorhandenes Kartenmaterial mit in Betracht zu ziehen und entsprechend zu berücksichtigen. Es wird heute kein Kartograph darüber im Zweifel sein, ob der dreifarbige Kupferdruck (Situation schwarz, Höhenkurven braun und Gewässer blau) bei Reproduktion der Mefstischblätter, wie ihn nach dem Vorgange der Schweiz in neuerer Zeit die süd-

deutschen Staaten und andere verwenden, bessere Resultate liefert, als die von Preufsen zum gleichen Zwecke benutzte einfarbige Lithographie. Aber Preufsen hat die Bearbeitung und Herausgabe seiner Mefstischblätter lange vor den grofsen Kriegen begonnen. Seine Gebietserweiterung und die Militärkonvention nach denselben brachte neue Arbeit hinzu derart, dafs der Preufsische Generalstab gegenwärtig die Drucklegung von circa 1300 Mefstischblättern zu besorgen hat. Mit Beginn des nächsten Jahrhunderts werden voraussichtlich alle diese Blätter fertig gestellt sein. Dann wird es sich darum handeln, die preufsische Landeskartographie zeitgemäfs weiter zu führen, während bis dahin das einmal eingeschlagene Verfahren nicht wohl anders gestaltet werden konnte, im Interesse der einheitlichen Durchführung dieses grofsen topographischen Kartenwerkes.

Während Preufsen die eben erwähnten Mefstischaufnahmen noch nicht vollständig zum Abschlusse gebracht hat, ist Belgien bereits mit der dritten Ausgabe seiner Mefstischblätter im Mafsstabe 1:20000 vorgegangen. Die Drucklegung derselben geschieht, wie früher erwähnt, auf photographisch-mechanischem Wege. Es wurden zunächst nach den in den fünfziger Jahren gemachten Aufnahmen Originalzeichnungen im Mafsstabe 1:10000 angefertigt, und diese dann zur Vervielfältigung photographisch auf die Hälfte des Mafsstabes reduziert. Die Reproduktionsmethode selbst ist sehr einfach und billig, gestattet aber keine Korrekturen in den Druckplatten. Diese müssen in den Orininalzeichnungen vorgenommen werden. Da Situation, Kurven und Gewässer auf den Original-Vorlagen zusammen gezeichnet sind, so können sie bei der Drucklegung nicht wohl getrennt, sondern müssen alle in ein- und derselben Farbe, z. B. schwarz, gedruckt werden. Deutlichkeit und Klarheit der Karte werden aber wesentlich gehoben bei Verwendung von 3 Farben, d. h. schwarz für Situation, braun für die Höhenkurven und blau für die Gewässer. Dem Übelstand, alle drei nur in einer Farbe drucken lassen zu können, suchte man bei den belgischen Karten durch Aufdrucken weiterer Farben für Wald, Wiese, Häuser, Wege etc. so gut wie möglich abzuhelfen. Bei der ersten Ausgabe der Mefstischblätter druckte man die ganze Kartenunterlage schwarz, bei der zweiten versuchte man es mit braun, bei der dritten kehrte man wieder zum schwarz zurück. Diese dritte Auflage ist wesentlich besser wie ihre beiden Vorgängerinnen, kann aber naturgemäfs die Klarheit der Terrainanschauung etc. nicht erreichen, welche die Verwendung der drei verschiedenen Farben für Situation, Höhenkurven und Gewässer ermöglicht. Wenn einmal die

Originalzeichnungen, welche mehr und mehr vergilben und leiden, unbrauchbar geworden sind, wird man voraussichtlich anders verfahren.

Derartige Beispiele, dafs der Stand und die Weiterführung der topographischen Karten eines Landes durch frühere Arbeiten und vorhandenes Material wesentlich bedingt und beeinflufst werden, liefsen sich in gröfserer Zahl anführen, ja, es wird nur sehr selten ein Staat in die Lage kommen, seine Kartographie ohne derartige Einflüsse und Rücksichten von Grund auf neu gestalten zu können. Daher der in der Landeskartographie genugsam bekannte Ausspruch: „Wie ganz anders würden wir verfahren, wenn wir von vorn zu beginnen hätten.“ Dieser Umstand ist bei einer vergleichenden Beurteilung der Leistungen verschiedener Länder wohl zu berücksichtigen, zugleich auch in dem Sinne, dafs unsere Nachfolger den gegenwärtigen Leistungen gegenüber das gleiche Recht der Kritik für sich in Anspruch nehmen dürfen und werden, zu welchem wir gegenwärtig uns berechtigt glauben.

Zwei Forderungen aber sind es vornehmlich, welche die Wahl und die Anwendung eines richtigen Reproduktions-Verfahrens in erster Linie bedingen. Einmal eine hinreichende Vertrautheit mit den verschiedenen Reproduktions-Methoden in ihrer Anwendung auf die gesamte Kartographie unter entsprechender Berücksichtigung der steigenden Ansprüche der Zeit, sodann zweitens die Gewährung der erforderlichen Geldmittel von mafsgebender Stelle.

Die unaufhaltsam zunehmende Vermehrung und Dichte der Bevölkerung zwingt zu einer immer ausgiebigeren Benutzung und Verwertung des Grund und Bodens behufs Ernährung und Erhaltung seiner Bewohner. In gleichem Mafse aber steigt die Bedeutung guter topographischer Kartenwerke von bleibendem Werte und möglichst vielseitiger Verwendbarkeit für den Wohlstand und die Kultur des Landes.





Über den Doppelstern β Lyrae.

Schon mehrfach ist in diesen Blättern über den merkwürdigen Stern β Lyrae berichtet worden, so dafs der Leser im allgemeinen über die Eigentümlichkeiten dieses veränderlichen Sterns unterrichtet sein dürfte. Es möge jedoch im Hinblick auf die wichtige Epoche, die nunmehr in der Geschichte dieses Sternes erreicht ist, eine kurze Zusammenfassung der bisher gewonnenen Resultate gestattet sein.

β Lyrae ist ein schon lange bekannter Veränderlicher, dessen Lichtwechsel sich mit grofser Regelmäfsigkeit in nahe 13 Tagen vollzieht, sich aber von dem Lichtwechsel der gewöhnlichen Algolsterne durch doppelte Maxima und Minima seiner Helligkeit unterscheidet. Nachdem bei Algol die schon lange vermutete aber immer wieder bezweifelte Erklärung des Lichtwechsels durch seine Doppelsternnatur mit Hilfe des Spektroskopes zur Gewifsheit geworden war, betrachtete man es als selbstverständlich, dafs bei den übrigen Algolsternen die gleiche Ursache den Lichtwechsel bedinge und ebenso auch bei β Lyrae; bei diesem nur mit dem Unterschiede, dafs beide Komponenten hell und von verschiedener Gröfse seien, durch deren gegenseitige Bedeckung dann eine doppelte Periode entstehen mufste.

Die erste spektroskopische Bestätigung dieser Ansicht erfolgte durch Pickering im Jahre 1891, der durch eine grofse Zahl von Spektrogrammen nachwies, dafs die meisten Linien doppelt vorhanden sind, und zwar hell und dunkel, und dafs zwischen den Abständen dieser Doppellinien Schwankungen stattfinden, die mit der Periode der Veränderlichkeit im Zusammenhange stehen. Auf Grund seiner Messungen leitete alsdann Pickering in Verbindung mit der Periode des Lichtwechsels von 12.9 Tagen eine Bahn des hypothetischen Doppelsterns ab, deren Radius 11 000 000 geogr. Meilen beträgt, bei einer relativen Geschwindigkeit der Komponenten von 65 Meilen in der Sekunde. Schon Vogel hat darauf hingewiesen, dafs die Abstände der Doppellinien, und damit die Bahngeschwindigkeit, wahrscheinlich von

Pickering viel zu grofs gemessen sind, würde doch damit eine 130 mal gröfsere Mafse für das System resultieren, als diejenige unserer Sonne.

Parallel mit den Pickeringschen Aufnahmen laufen direkte Beobachtungen Keelers mit dem grofsen Refraktor der Lick-Sternwarte. Die Hauptresultate Keelers sind darin zusammenzufassen, dafs die Schwankungen in der Helligkeit von β Lyrae hauptsächlich bedingt sind durch die Schwankungen der Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums, dafs ferner die hellen Linien sehr breit und verwaschen sind, so dafs z. B. die Natriumlinien kaum getrennt werden können.

Später hat Belopolsky umfangreiche Untersuchungen über das Spektrum von β Lyrae veröffentlicht, die mit einem grofsen Spektrographen in Verbindung mit dem 30-zölligen Refraktor der Pulkowaer Sternwarte angestellt waren. Die Discussion dieser Spektra giebt sehr interessante Einzelheiten über die Veränderungen, welchen viele der hellen Linien während der Periode des Lichtwechsels unterworfen sind; vor allem aber konnte Belopolsky die Verschiebungen der hellen F-Linie des Wasserstoffs gegen die künstliche desselben Elements messen und daraus die Bahngeschwindigkeit und die Bahn selbst ableiten. Als erstere ergab sich eine Geschwindigkeit von 12 Meilen, der Halbmesser der Bahn stellte sich auf 2 Millionen Meilen, und damit folgte die Masse des Systems gleich der unserer Sonne, wodurch die Belopolskyschen Messungen sehr plausibel erscheinen.

Im Jahre 1894 hat H. C. Vogel ein grofses Beobachtungsmaterial über das Spektrum von β Lyrae bearbeitet. Diese, sich wesentlich auf den violetten und ultravioletten Teil des Spektrums beziehenden Beobachtungen zeigten zwar auch deutlich eine gewisse Verbindung der Linienveränderungen mit der Periode des Lichtwechsels, aber keineswegs in der einfachen Weise, wie dies Belopolsky angenommen hatte. Besonders bei der im Violett gelegenen Linie waren Veränderungen zu erkennen, die unabhängig vom Lichtwechsel einer beträchtlich längeren Periode zu entsprechen schienen. Es trat also hier, wie schon so häufig in der Natur, die Thatsache auf, dafs scheinbar sehr einfache Beziehungen bei genauerer Betrachtung und Discussion sich als so kompliziert herausstellen, dafs der ursprüngliche einfache Zusammenhang fast vernichtet wird.

Es blieb nach diesen Beobachtungen Vogels nunmehr die Frage offen, ob nicht ein dritter Körper zur Erklärung der spektralen Er-

scheinungen angenommen werden müsse, oder ob andere Erklärungsversuche physikalischer Art hinzuzuziehen seien. Dafs der Lichtwechsel allein, ohne Berücksichtigung der spektroskopischen Beobachtungen vollständig durch ein System von nur zwei Körpern dargestellt werden kann, hat im vorigen Jahre Myers gezeigt.

Vor ganz kurzem nun hat Belopolsky neue Untersuchungen über das Spektrum von β Lyrae angestellt, welche geeignet sind, in der Entscheidung dieser Fragen einen wesentlichen Schritt vorwärts zu thun. Die Hauptschwierigkeit in der Messung der Linienverschiebungen wird verursacht durch die wechselnde Übereinanderlagerung der hellen und dunklen Linien, und deshalb hat Belopolsky nunmehr Linien benutzt, welche einfach, also hiervon frei sind und daher exakter gemessen werden können. Als geeignet erwies sich hierfür eine Magnesiumabsorptionslinie im blauen Teile des Spektrums, allerdings erst, nachdem wesentliche Änderungen am Spektrographen und auch am Objektive des Pulkowaer Refraktors vorgenommen worden waren.

Die Beobachtungen an dieser Linie sind nun glatt durch eine einfache Bahn von zwei Körpern darstellbar, und zwar findet Belopolsky als Bahngeschwindigkeit den Betrag von 24 geogr. Meilen bei einem Bahnradius von 2 300 000 Meilen. Mit diesen Daten resultiert als Masse des Systems die 27 fache Sonnenmasse, also wesentlich weniger, als Pickering gefunden hatte, und gut übereinstimmend mit dem von Myers aus dem Lichtwechsel allein abgeleiteten Werte. Nach Belopolsky entsteht das Hauptminimum durch die Bedeckung der Komponente, welche die dunkle Magnesiumlinie enthält, während im Nebenminimum umgekehrt dieser Stern den anderen verfinstert.

Das Wesentliche der Belopolskyschen Resultate ist in der Feststellung zu suchen, dafs die neuen Messungen zu einer Doppelsternbahn ohne weitere Komplicationen führen, dafs demnach die Ursache der Anomalien, welche andere Linien, besonders diejenigen des Wasserstoffs zeigen, nicht in Störungen durch einen dritten Körper, sondern entweder in rein optischen Ursachen — durch teilweise Nebeneinanderlagerungen — oder aber auch in physikalischen Vorgängen in den Atmosphären der Komponenten zu suchen sind. Es gewinnt den Anschein, dafs man im Laufe der nächsten Jahre auch hierüber aufgeklärt sein wird, und zwar wahrscheinlich durch eine Verbindung beider Deutungen. Sch.

Der Goldgehalt des Meeres.

Das gelbe Edelmetall, welches seit den ältesten Zeiten als Wertmesser für irdische Besitztümer gedient hat, findet sich auf der Erdoberfläche bekanntlich nur an einer verhältnismäfsig geringen Zahl von Orten in so grofser Menge, dafs eine bergbauliche Gewinnung desselben lohnend erscheint. Trotzdem ist dasselbe in aufserordentlich geringen Spuren, die nur mit Hülfe der unendlich verfeinerten Hülfsmittel der Chemie quantitativ nachgewiesen werden können, über den ganzen Erdboden verbreitet und läfst sich in minimalen Spuren fast überall nachweisen, und die Massen desselben, die in dieser unendlichen Verdünnung in den festen und flüssigen Massen unserer Erde verteilt sind, überragen an Menge die in den abbauwürdigen Ablagerungen vorhandenen Quantitäten in ganz enormer Weise. Einer der wichtigsten Träger des Goldes ist das Meer; unter den circa 40 Elementen, die bis jetzt im Meere nachgewiesen sind, befindet sich neben vielen anderen Metallen auch eine unendlich geringe Menge von Gold und Silber, und zwar enthält eine Tonne Meerwasser einen Goldgehalt von 6 Milligramm, die einen Wert von 1,668 Pfennigen repräsentieren. Die Tonne Meerwasser entspricht rund einem Kubikmeter. Wenn wir die mittlere Tiefe unserer Ozeane zu 4 Kilometern annehmen, so beläuft sich der Goldgehalt in einer Wassersäule von einem Quadratkilometer Oberfläche auf 24000 Kilogramm Gold, und der Goldgehalt der gesamten Ozeane beträgt, als Minimalwert für den Kubikinhalt derselben die Zahl von 350 Millionen Kubikkilometer angenommen, 5838000000000000 M. oder 5838 Billionen M. Es entspricht das beiläufig einem Würfel reinen Goldes, der eine Seitenlänge von 718 Metern besitzt. Der Silbergehalt des Meerwassers beträgt im Kubikmeter 19 Milligramm, und das Volumen des im Meere enthaltenen Silbers ist demnach unter Berücksichtigung des verschiedenen spezifischen Gewichtes beider etwa 6 mal so grofs, während der Wert sich immer noch auf die erkleckliche Zahl von 530 Billonen M beläuft. Wenn das im Meere enthaltene Gold gleichmäfsig unter die Bewohner der Erde verteilt werden könnte, so würde auf jeden derselben, ihre Zahl auf 1600 Millionen angenommen, das ansehnliche Vermögen von 3½ Millionen M. entfallen, während der Silbergehalt bei der Repartierung jedem einzelnen ein Vermögen von 320000 M. verschaffen würde.

Die Kreide des südlichen England, die jedem Besucher dieses Landes aus den weifsen Klippen der südenglischen Küste bei Dover bekannt ist, besitzt gleichfalls einen aufserordentlich geringen Gold-

gehalt; die Menge des Goldes aber, die in der englischen Kreide steckt, ist trotzdem eine so ungeheuer grofse, dafs die Staatsschuld Englands, die doch gewifs nicht klein ist, damit mehrfach glatt bezahlt werden könnte. Es ist gut, dafs diese ungeheuren Reichtümer wohl für alle Zeiten der menschlichen Gewinnsucht entzogen sind. Vor einiger Zeit las man freilich schon von Plänen, auch den minimalen Goldgehalt des Meerwassers zu gewinnen. Es war beabsichtigt, zwischen zwei norwegischen Schären, zwischen denen eine starke Meeresströmung hindurchgeht, eine Reihe von Silberplatten aufzuhängen und mit deren Hülfe unter Benutzung eines hindurchgeführten elektrischen Stromes das Gold aus dem Meerwasser elektrolytisch zu gewinnen. Es ist mir nicht bekannt, wie weit dieser Plan seiner Verwirklichung näher geführt worden ist.



A. Krämer: Über den Bau der Korallenriffe und die Planktonverteilung an den Samoanischen Küsten. Kiel u. Leipzig 1897. Lipsius u. Tischer. Preis 6 Mark.

Das vorliegende Werk bildet ein weiteres Glied in der Kette der Litteraturerscheinungen, die sich um die beiden einander bekämpfenden Theorien über die Entstehung der Koralleninseln gebildet hat. Während nach der Darwin-Danaschen Theorie das Gebiet der Korallenriffe im pazifischen Ozean ein ungeheuer ausgedehntes kontinentales Senkungsfeld darstellt, auf dessen über das Meer emporragenden oder in geringer Tiefe unter demselben befindlichen Gebirgsgipfeln das Wachstum der riffbildenden Korallen ansetzte, und während diese Forscher annehmen, dafs mit der zunehmenden Versenkung dieser Gebirge in die ozeanischen Tiefen das Wachstum der Korallenriffe nach oben hin Schritt hält, sodafs dieselben im Laufe langer Zeiträume schliefslich Mächtigkeiten von mehreren tausend Fufs erlangt haben, ist in neuerer Zeit von Guppy und dem berühmten Herausgeber des grofsen Challenger Werkes, Sir J. Murray, eine andere Auffassung ausgesprochen worden. Auch sie nehmen einen submarinen Kontinent mit hohen Gebirgen an, glauben aber, dafs derselbe stabil ist, und dafs auf die Gipfel desselben ein ununterbrochener, organischer Regen von Foraminiferenschalen und anderen abgestorbenen Planktonresten herniederrieselt, durch den allmählich Schichten von gewaltiger Mächtigkeit sich aufbauen. Die in die grofsen ozeanischen Abgründe sinkenden Kalkschälchen können bei Tiefen unter 3000 m keine Schichten mehr bilden, da sie in dem kohlensäurereichen Meerwasser und unter der Mitwirkung eines gewaltigen Druckes einer schleunigen Auf-

lösung anheimfallen, und nur die über diese Stufe emporragenden Gipfel und Plateaus können allmählich aufgehöht werden. Sobald sie in diejenigen Meeresschichten emporgewachsen sind, in denen die Existenzbedingungen für Korallenleben beginnen, werden sie von der Brut derselben besiedelt und wachsen nunmehr den Formen des Untergrundes entsprechend von selbst in die Höhe. Unser Verfasser, der als Marinearzt sich lange Zeit in den pazifischen Gewässern aufgehalten hat, eine gründliche Vorbildung besitzt und mit grofsem Eifer an die Frage der Bildung der Koralleninseln herangegangen ist, hat nun eine neue Theorie aufgestellt. Er nimmt als Hauptfaktor für die Entstehung der Atolle den Vulkanismus in Anspruch. Zahlreiche Vulkane auf den pazifischen Inseln liegen über dem Meere, und mehrfache Beobachtungen weisen deutlich auf die Thätigkeit vulkanischer Kräfte auch in den untermeerischen Gebieten hin. Nach Krämer sollen nun die auf zahlreichen vulkanischen Spalten submarin aufgeschütteten, lockeren vulkanischen Massen unter dem Einflufs der Meeresströmmungen, vor allen Dingen der regelmäfsigen Passatdriften, eine wesentlich andere Form angenommen haben als die subaërischen Vulkane, und auf ihrem Rücken sollen dann die Korallen sich angesiedelt und in ihrem Aufwärtswachstum, der Form der verschiedenen Vulkane entsprechend, ringförmige, elliptische, hufeisenförmige und anders gestaltete Koralleninseln gebildet haben. Er leugnet, mit Murray und anderen Anti-Darwinisten (anti nur in Bezug auf Darwins Korallenrifftheorie), dafs die Riffkalke die grofse Mächtigkeit besitzen, die die Darwinsche Theorie ihnen zumutet, und behauptet, dafs sie nur geringe Mächtigkeiten erreichen, die 50 m kaum überschreiten. Die leider ungenügend zur Durchführung gelangten Pläne des irischen Geologen Sollas, durch Bohrungen auf verschiedenen Koralleninseln die Mächtigkeit des Korallenkalkes und seine Unterlage zu ermitteln, spricht in den wenigen erlangten Resultaten aufserordentlich für eine geringe Mächtigkeit des Kalkes, da 2 Bohrungen in wenig über 20 m Tiefe schwimmende Sandmassen antrafen, also lose sedimentäre Bildungen, die der Weiterbohrung ein Ende machten. Wenn wir auch nicht glauben, dafs die Hypothese des Verfassers allgemeine Anerkennung finden wird, dafs vielmehr, wie es sich schon auf so vielen Gebieten der Geologie gezeigt hat, gleiche Wirkungen durch verschiedene Ursachen erzielt werden können, so stehen wir doch nicht an, das Werk, welches eine Fülle von Einzelbeobachtungen enthält, der Aufmerksamkeit zu empfehlen. Ein Anhang beschäftigt sich mit planktonischen Studien, wobei eine, wie es scheint, sehr zweckmäfsige Methode der Planktongewinnung, diejenige des Centrifugierens in mit der Hand in Bewegung gesetzten Kreiselcentrifugen, besondere Beachtung zu verdienen scheint. Das Werk ist mit zahlreichen Karten und Abbildungen geziert.

K.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Fig. 8. Ausgang eines Wüstenthales bei Petra.
(Aufgenommen durch die amerikanische Palästina-Expedition.)



Fig. 9. Ausgewitterte Kalkbänke aus der Chefrenpyramide.



Geschichtliche Darstellung der hauptsächlichsten Theorieen über die Entstehung des Sonnensystems.

Von Professor Dr. v. Braunmühl in München.

Die Schaffung und der Ausbau verschiedener Zweige der theoretischen Physik, namentlich der mechanischen Wärmetheorie, die Errungenschaften auf dem Gebiete unserer jüngsten Wissenschaft, der Astrophysik, und vielleicht auch ein allmählich etwas mehr hervortretender historischer Sinn, der es nicht verschmäht, die Forschungsziele vergangener Zeiten wieder hervorzuholen, haben in den letzten Jahrzehnten von neuem den Blick der Naturforscher auf die Frage nach dem Urzustand und nach der Entstehung unseres Sonnensystems hingelenkt. Dabei knüpften sie gröfstenteils an eine Theorie an, die uns das vergangene Jahrhundert als ein kostbares Vermächtnis hinterlassen hat, und suchten dieselbe gemäfs den Errungenschaften der Neuzeit auszubilden.

Wenn es nun auch noch nicht gelungen ist, alle die schwierigen kosmischen Rätsel, welche sich hierbei darbieten, definitiv und einwandfrei zu entziffern, so läfst doch die historische Untersuchung gerade dieses Themas, wie kaum eines anderen, erkennen, wie die moderne Methode der Naturforschung, die die Beobachtung an die Spitze stellt und die Spekulation zurückdrängt, allein imstande ist, Licht in dunkle und verwickelte Fragen zu bringen. Schon aus diesem Grunde, abgesehen von dem Interesse, das das Thema an sich besitzt, dürfte eine geschichtliche Behandlung nicht unerwünscht sein.

Lassen wir daher zunächst jene Versuche zur Erklärung der Entstehung des Kosmos an unserem geistigen Auge vorüberziehen,

welche uns teils aus sagenhafter Vergangenheit überliefert sind, teils sich an die Namen hervorragender Männer anknüpfen, die im Kulturleben der Völker eine Rolle spielten! Hierbei müssen wir wohl unterscheiden zwischen jenen Ansichten, welche von dem sogenannten geozentrischen Standpunkt ausgingen, d. h. von der Annahme, dafs unsere Erde den Mittelpunkt des Weltalls bildet, und jenen, die sich an den einzig richtigen heliozentrischen Standpunkt, demgemäfs die Sonne als der Zentralkörper unseres Systems zu betrachten ist, anschlossen.

Die älteste Kosmogonie, die wir kennen, ist bekanntlich die Genesis der Bibel, welche die Schöpfungsgeschichte der Welt von rein geozentrischem Standpunkte aus behandelt, indem sie sich unmittelbar an den Augenschein hält. So folgt, um nur ein Beispiel zu erwähnen, sofort auf die Erschaffung der Erde die des Tages und der Nacht und geht der Schöpfung der Sonne vorher, denn der Augenschein zeigte eben, dafs der Tag beginnt, ehe die Sonne über dem Horizont erscheint, während die Nacht nicht sofort mit dem Verschwinden der Sonne eintritt. Deshalb glaubte man in jenen fernen Zeiten, da man die Rolle, welche die Atmosphäre spielt, noch nicht kannte, Tag und Nacht seien von der Sonne völlig unabhängig, und liefs sie daher durch einen eigenen Schöpfungsakt entstehen.

Aber nicht nur die Sagen der alten Völker halten sich an den Augenschein, sondern auch die meisten der berühmten griechischen Philosophenschulen. So stand die jonische Schule, die Thales um das Jahr 600 v. Chr. begründete, ganz auf dem geozentrischen Standpunkte, und, wie es scheint, auch die Schule der Pythagoräer, die etwa 50 Jahre später in Unteritalien entstand. Denn wenn auch die Pythagoräer die Erde als eine Kugel erkannten, und in ihrer Lehre mehrfach von einem Zentralfeuer die Rede ist, welches das eigentliche Lebensprinzip des Weltganzen sein soll, so steht doch der Nachweis, dafs sie damit die Sonne meinten, auf sehr schwachen Füfsen. Plato hingegen, der im vierten Jahrhundert v. Chr. die Schule zu Athen gründete, welche seinen Namen trägt, scheint gegen Ende seines Lebens den geozentrischen Standpunkt thatsächlich aufgegeben und die Sonne als den Zentralkörper der Bewegungen erkannt zu haben, wie er auch unzweifelhaft die Entstehung von Tag und Nacht aus der Axendrehung der Erde erklärte. Aber es war auch damals schon gefährlich, fortschrittliche Ideen zu äufsern, und Plato scheint den Giftbecher mehr als sein Lehrer Sokrates gefürchtet zu haben; deshalb beschränkte er sich darauf, seine diesbezüglichen Gedanken nur vorsichtig anzudeuten.

Offen vertrat die Lehre von der zentralen Stellung der Sonne ein Jahrhundert später Aristarch von Samos, aber es fehlte nicht viel, so wäre er deshalb der Gotteslästerung angeklagt worden! Seine Ansicht, die wir aus den Schriften des Archimedes kennen, der sie übrigens ausdrücklich als den Ansichten der meisten Astronomen entgegengesetzt bezeichnet, scheint auch, wahrscheinlich infolge mangelnder Beweise, keinen Boden gewonnen zu haben, denn von da ab findet sich der heliozentrische Standpunkt bis Coppernikus nicht mehr vertreten, und so konnte auch von einer Entstehungsgeschichte der Welt, die einigermafsen auf Beachtung Anspruch machen würde, keine Rede sein. Das Lehrgedicht des Lucrez, worin er diesen Gegenstand behandelt, steht nicht einmal auf der Höhe der Genesis, und Ovids viel zitierte Verse übertreffen jene des Lucrez wohl an Schönheit der Form, kaum aber an Bedeutung des Inhaltes. Nur eines ist, wie einmal Helmholtz hervorhebt, bemerkenswert: die Kosmogonieen der Dichter, wie auch alle der alten Völker beginnen stets mit dem Chaos und der Finsternis, wie denn auch Mephistopheles von sich selbst sagt:

„Ich bin ein Teil des Teils, der anfangs alles war,
Ein Teil der Finsternis, die sich das Licht gebar,
Das stolze Licht, das nun der Mutter Nacht
Den alten Rang, den Raum ihr streitig macht,"

Darin aber treffen sich die alten Sagen und die Phantasieen der Dichter mit der Wissenschaft, ein Fall, der so selten ist, dafs er wohl hervorgehoben zu werden verdient.

Die Philosophie des Mittelalters und der darauf folgenden Zeit bis weit hinein in das siebzehnte Jahrhundert begnügte sich, soweit sie kirchlich war, mit den Lehren der Genesis und wurde im übrigen völlig beherrscht von den Anschauungen des Aristoteles, Platons gröfstem Schüler, und zwar beherrscht mit einer Macht, wie sie vorher und nachher nie dagewesen. Aristoteles aber beseitigte jede etwaige Spekulation über die Entstehung der Welt mit dem Ausspruche: „Sie ist ewig." Damit begnügte man sich denn auch, und erst als das neue Weltsystem des Coppernicus entstanden war, als Galilei in fünfzigjährigem zähem Kampfe gegen die Lehren der Peripatetiker die unerhörte Autorität des Philosophen von Stagira untergraben hatte, war der Boden bereitet, auf dem eine naturwissenschaftliche Forschung emporblühen konnte, die an die Spitze ihrer Untersuchungen die Beobachtung und das physikalische Experiment stellte. Erst auf diesem Wege wurde es möglich, aus dem Bereiche ebenso phantasievoller wie

gehaltloser Spekulationen herauszukommen und vernünftige Ideen über Entstehung und Bildung unseres Sonnensystems zu gewinnen.

Da war es nun zunächst der französische Philosoph und Mathematiker René Descartes (1596—1650), der, wenn er auch nicht völlig auf der Basis der neuen Forschungsmethode Galileis stand, sondern noch immer der Spekulation ein weites Feld. einräumte, doch getragen von dem neuen Geiste seiner Zeit Gedanken und Ideen entwickelte, auf die man, von ganz anderen Gesichtspunkten ausgehend vielfach erst in neuester Zeit wieder gekommen ist.

So giebt es nach seiner Ansicht in der Natur nur Materie und Bewegung, und auf Bewegung ist jede Kraftäufserung zurückzuführen. Das Licht und die Wärme z. B. sind nur verschiedene Bewegungserscheinungen, und darin stimmt seine Ansicht völlig mit der modernen überein, wenn auch die Annahme, die er über die Natur dieser Bewegungen macht, nicht mit unsern durch Beobachtung und Experiment gewonnenen Resultaten harmoniert. Ebenso wird man nicht fehl gehen, wenn man seinen Satz von der Unveränderlichkeit der Quantität der Bewegung als eine Vorahnung von Helmholtz' berühmtem Prinzip der Erhaltung der Energie ansieht. Doch kommen wir zu unserm eigentlichen Thema, den Ansichten Descartes' über die Entstehung der Welt zurück!

Descartes nimmt an, Gott habe eine gewisse Masse von Materie geschaffen, welcher er von vornherein eine konstante Quantität der Bewegung erteilt hat, und zwar ist diese Bewegung eine doppelte. Die einzelnen Teile der Materie nämlich, welche einen flüssigen Körper bildete, waren einmal mit einer Rotationsbewegung um ihr eigenes Zentrum begabt, und aufserdem wurden sie in Wirbelbewegungen um feste Zentren herumgeführt, welche sich in grofser Zahl in Fixsternentfernungen von einander befanden. Da aber diese Teilchen den Raum lückenlos erfüllten, so konnten sie von Anfang an nicht kugelförmig sein, wohl aber mufsten sich ihre Ecken und Kanten bei ihrer Rotationsbewegung abreiben, so dafs sie allmählich kugelförmige Gestalt annahmen. In dieser Form bildeten sie Descartes' zweites Element. Was sich aber durch Abreiben losgelöst hatte, füllte als einstes (erstes) Element die Lücken zwischen ihnen aus. Da sich nun bei zunehmender Abreibung die Quantität dieses ersten Elementes beständig vermehrte, während die Teilchen des zweiten Elementes immer weniger Raum einnahmen und infolge der Zentrifugalkraft von den feststehenden Zentren der Wirbelbewegungen zurückwichen, so mufste das erste Element, dem die rascheste Bewegung zukommt, gegen diesen

Mittelpunkt hinströmen, da ja ein absolut leerer Raum, nach Descartes' Ansicht, nicht existieren kann. Dort erzeugte es dann in seinem Wirbel um ein solches Zentrum die leuchtenden Fixsterne, zu denen auch unsere Sonne gehört.

Wie aber das kochende Wasser fremdartige Teile als Schaum aus sich entfernt, welcher dann auf der Oberfläche schwimmt, so mufste auch die Materie der Fixsterne oder im speziellen der Sonne, welche von den Polen des Wirbels nach dem Äquator aufwallt, fremdartige schwerer bewegliche Teile wie Schaum ausstofsen. Diese ballten sich zusammen, bildeten so das dritte Element und setzten sich als Flecken auf der Sonne oder dem betreffenden Fixstern, aus dem sie entstanden waren, fest. Durch Anhäufung solcher Flecken konnte der Stern völlig verdunkelt werden und infolge der trägen Beweglichkeit dieser Massen seinen Wirbel nicht mehr in voller Kraft aufrecht erhalten, so dafs er als dunkler Körper — Planet oder Komet — von einem stärkeren angrenzenden Wirbel erfafst und dessen Bewegung einverleibt wurde.

Nach dieser Auffassung sind somit die Planeten und Kometen erloschene Fixsterne, die infolge des Erlahmens, wenn auch nicht gänzlichen Verschwindens ihrer eigenen Wirbelkraft in den Sonnenwirbel herabsanken und von ihm mit fortgerissen wurden. In derselben Weise sind nach Descartes' Ansicht auch der Mond und die Jupitertrabanten, die einzigen damals bekannten Satelliten, sobald ihre Wirbel durch die Verdichtung der Materie zerstört waren, gegen die Erde, beziehungsweise den Jupiter herabgesunken und werden nun von Wirbeln dieser Hauptplaneten mit sich gezogen.

Descartes hat seine Theorie, die wir in kurzen Zügen darzustellen suchten, bis ins kleinste Detail ausgearbeitet, mufste aber dabei, aufser jener äufserst willkürlichen Unterscheidung der Materie in drei getrennte Elemente, durch welche er der Scholastik mit ihren Begriffen: Feuer-, Luft- und Erdelement ein Zugeständnis machte, noch zu weiteren Hypothesen über die Beschaffenheit der kleinsten Teile dieser Elemente greifen, so dafs seine Theorie mit zunehmender Ausbildung nur an Kompliziertheit gewann. Dafs sie sich übrigens vom Standpunkte der modernen Naturwissenschaft mit ihren ausgebildeten mechanischen Anschauungen nicht mehr halten läfst, darüber dürfte wohl kein Zweifel bestehen. Dagegen liegt das grofse Verdienst Descartes' darin, dafs er zum ersten Male den Versuch machte, die kosmischen Erscheinungen auf mechanische Gesetze zurückzuführen, und dafs er alle Naturerscheinungen auf Bewegungen

reduzierte, die in materiellen Mitteln vor sich gehen — eine Auffassung, die sich erst in unserer Zeit wieder Bahn gebrochen hat, nachdem die Betrachtungen über das Licht, über die Wärme und über die elektrischen Wirkungen direkt auf sie hingeführt haben.

Descartes' Anschauungen fanden bei seinen Zeitgenossen und nächsten Nachfolgern vielen Beifall, und auch die hervorragendsten derselben, wie Huygens, Fermat, Leibniz und die Brüder Bernoulli, schlossen sich ihnen mehr oder weniger an; es imponierte eben namentlich der Umstand, dafs er das Riesenwerk unternommen hatte, von seinen Prinzipien ausgehend alle Naturerscheinungen zu erklären. Dennoch aber blieben jenen Männern die Schwächen seines Systems keineswegs verborgen, und gerade seine Entstehungsgeschichte der Welt fand an Christian Huygens einen strengen Richter, indem dieser einmal sagt: „Die kosmische Kommentation bei Cartesius ist ganz und gar aus so leichtfertigen Gründen gewebt, dafs es mich oft wundert, wie er auf die Vereinbarung solcher Erdichtungen soviel Mühe verwenden konnte." In der That dauerte es auch nicht allzulange, bis der stetig wachsende Einflufs der Galileischen Forschungsmethode die noch immer mit metaphysischen Spekulationen durchwobene Richtung der Cartesischen Philosophie in den Hintergrund drängte. Das Erscheinen von Newtons „Prinzipien" brach endlich ihre Herrschaft ganz.

Descartes hatte es versucht, sein System der Weltbildung auf mechanischen Ideen aufzubauen; aber statt den Bau von unten zu beginnen und zuerst aus der Beobachtung die mechanischen Gesetze einwandsfrei zu entwickeln, die ihm als feste Grundlage hätten dienen können, gab er seiner reichen Phantasie die Zügel und konstruierte vorerst die oberen Teile des Bauwerkes, indem er jene Materien schuf, in welchen die Wirkungen von Kräften vor sich gehen sollten, von denen selbst er sich jedoch teils falsche, teils wenig präzise Vorstellungen bildete. Entgegengesetzt verfuhr der grofse Newton; nicht umsonst führt sein ewig denkwürdiges Werk den Titel: „Die Prinzipien der Naturphilosophie" (1687). Er ging darin von den Erscheinungen der irdischen Schwere aus, die Galilei zur Entdeckung der Fallgesetze geführt hatten und schon damals allgemein als das Resultat einer anziehenden Kraft, also einer Fernewirkung aufgefafst wurden, die im Zentrum der Erde ihren Sitz hat. Aufserdem stand ihm aber auch die Kenntnis von Huygens fundamentalen Untersuchungen über die Zentrifugalkraft zur Verfügung, die seinem grofsen Vorgänger Kepler noch gefehlt hatte, um zur Entdeckung

der Gesetze der Planetenbewegung auch noch die der allgemeinen Gravitation hinzuzufügen.

Von der Existenz der Zentrifugal- oder Fliehkraft kann man sich leicht eine Vorstellung machen, wenn man einen Körper, etwa eine Bleikugel, an einen Faden befestigt und mit der Hand im Kreise herumschwingt. Die Kugel hat dann das Bestreben, sich von dem Zentrum der Bewegung, der führenden Hand, zu entfernen und spannt daher den Faden; zerreifst derselbe, d. h. hört die Kraft zu wirken auf, welche die Kugel an die Hand bindet, so fliegt die erstere infolge der Zentrifugalkraft in jener Richtung, die sie im Momente des Zerreifsens inne hatte, weit hinaus in den Raum.

Newton überlegte nun einfach so: Der Mond, welcher in einer nahezu kreisförmigen Bahn um die Erde sich bewegt, wird bei dieser Bewegung von einer solchen Fliehkraft affiziert und würde somit, wenn ihn nichts an die Erde bände, in den unendlichen Weltraum hinausfliegen. Folglich mufs eine Kraft vorhanden sein, die den fehlenden Faden ersetzt, und da der Mond ein materieller Körper ist, wie die Bleikugel, so wird er wie diese dem Gesetze der irdischen Schwere unterworfen sein, und er müfste, wenn die Fliehkraft momentan aufhörte, zur Erde herabfallen. Die ihn in seiner Bewegung haltende Kraft mufs also dieselbe sein, wie diejenige, welche den Fall der irdischen Körper nach den Gesetzen Galileis regelt. Eine einfache Rechnung erbrachte den mathematischen Beweis für die Richtigkeit dieses Schlusses, und das mechanische Gesetz war gefunden, welches die Bewegungen der Himmelskörper leitet und das ganze Sonnensystem beherrscht: das wichtige Gesetz der Gravitation.

Das Gesetz der allgemeinen Schwere, demzufolge sich zwei Himmelskörper mit einer Kraft anziehen, welche ihren Massen direkt, dem Quadrate ihrer Entfernungen aber umgekehrt proportional ist, war also durch Newton, wie das Gesetz der irdischen Schwere, als eine fernwirkende Kraft definiert, deren Sitz sich in den Zentren der Anziehung befindet. Fragen wir uns aber, was heifst eigentlich Fernwirkung einer Kraft, so müssen wir sagen: die Annahme, die allgemeine Schwerkraft sei im Wesen der Materie begründet, und ein materieller Körper könne auf einen anderen durch den leeren Raum einwirken, führte vom philosophischen Standpunkt aus wieder völlig auf den Gedankengang aristotelischer Weisheit zurück, die mit Descartes' Auftreten endlich glücklich überwunden war. Aber das war auch nicht Newtons eigene Anschauung, denn er protestiert hiergegen, indem er ausdrücklich sagt: „Dafs ein Körper eine Fernwir-

kung ausüben könne, ohne ein zwischenliegendes Mittel, das diese Wirkung von dem einen Körper auf den anderen überleitet, das ist für mich eine so absurde Anschauung, dafs ich nicht glaube, ein Mensch, der fähig ist, philosophische Dinge zu behandeln, könne auf diesen Gedanken kommen". Aber auf eine nähere Untersuchung, wie man sich die Übertragung der Fernewirkung vorzustellen habe, geht Newton nicht ein, weil er ganz mit Recht die Begründung der Gravitationslehre als von solchen Ideen über das Wesen der Kraft unabhängig beurteilt wissen wollte. Er fühlte offenbar sehr wohl, dafs ihn eine Diskussion dieser Frage zu ebenso unfruchtbaren metaphysischen Spekulationen geführt haben würde, wie sie sein Vorgänger Descartes an die Spitze seines Systems gestellt hatte; und in der That sind wir ja heute, trotz unserer gewaltigen Fortschritte in der Erkenntnis der Naturerscheinungen, noch immer nicht imstande, absolut Zuverlässiges über die innere Beschaffenheit dieser Kraft auszusagen.

Merkwürdigerweise hat nun Newton gar nicht versucht, sein umfassendes Weltgesetz zu einer Erklärung der Entstehung des Sonnensystems anzuwenden, indem er einfach behauptete: „Alle die regelmäfsigen Bewegungen, die sich im Planetensysteme vollziehen, besitzen keine mechanische Ursache, sondern diese bewunderungswürdige Anordnung kann nur das Werk eines persönlichen allmächtigen Wesens sein". „Aber", fragt da der grofse Laplace mit Recht, „kann denn diese Anordnung der Planeten nicht selbst eine Wirkung der Bewegungsgesetze sein, während diese letzteren von jener höchsten Intelligenz geschaffen sind, die Newton zu Hülfe ruft." Gewifs! Dann ist eben die Entstehungsgeschichte der Bewegungserscheinungen im Sonnensystem um eine Stufe weiter zurückverfolgt, oder die Frage nach der Bildung des Planetensystems ist der Frage nach dem Urgrund der Dinge um einen Schritt näher gebracht. —

Wir erwähnten bereits, dafs Newtons „Prinzipien", in welchen die kosmogonische Frage so kurz abgethan war, nach ihrem Erscheinen langsam aber sicher die Anschauungen Descartes' verdrängten, und darin liegt wohl der Grund, warum bis zur Mitte des folgenden Jahrhunderts die Frage nach der Entstehung des Sonnensystems überhaupt nicht mehr ventiliert wurde. Erst 1734, beziehungsweise 1750 erschienen wieder zwei Schriften, die eine von dem bekannten Mystiker Emanuel Svedenborg, die andere von dem Engländer Thomas Wright, welche diese Frage behandelten, aber wenig Be-

achtung fanden. Anders erging es einigen Bemerkungen, in denen der Naturforscher G. L. Buffon eine neue Ansicht über die Entstehung des Planetensystems aussprach. In seiner „Histoire naturelle", begonnen 1749, vermutete er, ein Komet habe durch seinen Sturz auf die Sonne einen Strom von Materie losgelöst, dessen einzelne Teile sich später zu verschiedenen gröfseren oder kleineren Kugeln zusammenballten, die allmählich durch Abkühlung fest und dunkel wurden und sich als Planeten und deren Satelliten in verschiedenen Entfernungen um die Sonne bewegten. So wenig glaubwürdig diese Idee erscheinen mochte, so war doch in ihr der Gedanke von der Einheit der Materie aller Himmelskörper und ihr gemeinsamer Ursprung aus der Sonne ausgesprochen, und insofern ist sie die direkte Vorläuferin der berühmten Kosmogonieen von Kant und Laplace geworden. In der That kannten diese beiden grofsen Männer Buffons Naturgeschichte sehr wohl, denn während ersterer dieselbe wiederholt zitiert, schliefst letzterer die Entwickelung seiner eigenen Anschauungen direkt an Buffons Hypothese an.

Der bekannte Philosoph Emanuel Kant hat seine „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels" im Jahre 1755 veröffentlicht und sie Friedrich dem Grofsen gewidmet. Die darin entwickelte Hypothese wird gewöhnlich mit der Theorie des französischen Astronomen Laplace, des Schöpfers der „Mécanique céleste", in Verbindung gebracht, so dafs man vielfach in Lehrbüchern, ja sogar in wissenschaftlichen Schriften von einer Kant-Laplaceschen Hypothese lesen kann. Dies ist jedoch völlig unstatthaft, indem beide Theorieen, wie die folgende Erörterung zeigen wird, nur in der einzigen Buffon angehörigen Idee zusammentreffen, dafs sie die Einheit der Materie aller Körper im Sonnensystem, sowie überhaupt aller Himmelskörper voraussetzen. Dies berechtigt aber in keinem Falle, von einer Kant-Laplaceschen Hypothese zu sprechen, zumal da die erstere bereits nur mehr historisches Interesse besitzt, während die letztere in der neuesten Zeit eine Begründung erfahren hat, die sie, wenn man einige Abänderungen anbringt, immer noch als die beste der uns bekannten Hypothesen erscheinen läfst. Dies schmälert jedoch das Verdienst unseres grofsen deutschen Philosophen keineswegs, der, trotzdem er nicht die mathematische Schulung des genialen Schöpfers der Himmelsmechanik besafs, Ideen entwickelte, wie sie bis dahin von keinem seiner Vorgänger gefafst worden waren.

Kant geht von dem Chaos aus. Nach seiner Anschauung war im Anfang aller Dinge der Raum, den unser Sonnensystem jetzt ein-

nimmt, mit Materie erfüllt, die in ihre elementaren Grundstoffe aufgelöst war und in staubartiger Form, also etwa wie eine kosmische Wolke, in äufserst verdünntem Zustande im Weltraum schwebte. In dieser Staubwolke herrschte das Gesetz der Schwere, und nach einem Moment der Ruhe zogen die dichteren Partikelchen derselben die dünneren an und vereinigten sie mit sich, wodurch kleine runde Klumpen entstanden, die durch die Gleichheit der gegenseitigen Anziehung für immer unbewegt hätten sein müssen, wenn nicht zwischen den Elementarteilchen gewisse abstofsende Kräfte existierten, die durch ihren Kampf gegen die anziehenden Kräfte die Klümpchen in Bewegung setzten. Und zwar „wurden durch diese Zurückstofsungskräfte die zu ihren Anziehungspunkten sinkenden Elemente von der geradlinigen Bewegung seitwärts abgelenkt, und der senkrechte Fall schlug in Kreisbewegung aus". In den kreisförmigen Bahnen, welche diese Körper beschrieben, ward allmählich ein bestimmter Richtungssinn vorherrschend. Diejenigen Körper aber, die sich diesem Strome nicht anschlossen, wurden von dem gröfsten Klumpen nach und nach absorbiert, wodurch sich dieser zum Zentralkörper heranbildete, um welchen die andern Körperchen freie Kreisbahnen in nahezu derselben Ebene beschrieben. Dieser Zentralkörper war zunächst, solange das Daraufstürzen der Staubmassen andauerte, noch dunkel, und erst nach Vollendung der ganzen Bildung brach aus ihm die flammende Glut der Sonne hervor.

In der um die Sonne rotierenden Masse veranlafste nun die Anziehungskraft neue Bildungen, indem ein Teilchen von gröfserer Masse alle umliegenden von kleinerer Masse, die ungefähr in demselben Kreise rotierten, an sich heranzog. Dadurch entstand eine Massenanhäufung, welche bei weiterem Anwachsen die Elemente zu ihrer Zusammensetzung auch aus weiterer Ferne herholte. Dies war die Bildung der Planeten. Dieselben formierten sich demnach aus den Teilchen, „welche in der Höhe, da sie schwebten, genaue Bewegungen zu Zirkelkreisen hatten: also werden die aus ihnen zusammengesetzten Massen eben dieselben Bewegungen in eben dem Grade, nach derselben Richtung fortsetzen."

Analog wie die Planetenbildung ging auch die Formation der Monde vor sich, die sich aus jenen Partikeln zusammensetzen, welche durch die Anziehung des Planeten aus ihren Bahnen um die Sonne abgelenkt wurden. Bei ihrer Bildung fungierte also der Planet statt der Sonne als der Zentralkörper.

Anders verhält es sich mit der Bildung der Saturnringe,

die nach Kants Ansicht nicht wie die Monde aus der ursprünglich vorhandenen Materie entstanden, sondern durch Lostrennung von dem bereits fertigen Körper des Planeten. Aus der Annahme, dafs sich Saturn zuerst in gröfserer Sonnennähe befand als jetzt, folgert er nämlich, dafs „die Hitze, die sich ihm einverleibte, den leichten Stoff von seiner Oberfläche erhob", und dafs die ihn hierdurch umgebenden Dünste in einem beständigen Ringe schweben blieben, als er sich in seiner jetzigen Entfernung von der Sonne mehr und mehr abkühlte.

Wenn wir diese Grundzüge der Kantschen Hypothese etwas näher ins Auge fassen, so erkennen wir sofort, dafs bei ihrer Aufstellung auch die einfachsten Gesetze der Mechanik nicht beachtet wurden. Der Hauptirrtum, den Kant begeht, und der seinen Annahmen den Boden unter den Füfsen entzieht, ist der, dafs er seine kosmische Wolke in momentan ruhendem Zustande voraussetzt und dann die Bewegung derselben durch alleinige Wirkung innerer Kräfte entstehen läfst. Dies ist aber von vornherein ganz unmöglich; denn wenn das System der Massenteilchen auch nur einen einzigen Moment in Ruhe war, so mufste es nach dem Galileischen Trägheitsgesetze, das Kant sehr wohl kannte, in alle Ewigkeit in Ruhe bleiben, wenn nicht eine von aufsen kommende neuauftretende Kraft diesen Ruhezustand änderte; innere Kräfte, die zwischen den Teilchen der Wolke schon im Zustande ihrer Ruhe herrschten, können sie nun und nimmer plötzlich in Bewegung gesetzt haben. Descartes hatte dies wohl gewufst und beachtet, sonst hätte er nicht gesagt: „Gebt mir Materie und Bewegung, und ich will euch eine Welt bilden."

Ein ebenso schwerer Irrtum aber liegt in der Behauptung, die durch die Schwerkraft bewegten Teilchen hätten sich an verschiedenen Zentren angesammelt. Denn dies wäre nur denkbar gewesen, wenn von Anfang an in der Wolke mehrere feststehende Anziehungszentra vorhanden gewesen wären, was aber bei der beständigen Ruhelosigkeit der Teilchen des Systems nicht möglich ist, aufser diese Punkte werden, wie in Descartes' Theorie, von vornherein als feststehend erschaffen angenommen. Zu einer solchen metaphysischen Annahme greift aber Kant nicht. Somit würde in Kants Wolke alle Materie notgedrungen nicht nach mehreren, sondern nach einem einzigen Mittelpunkte geströmt sein, nämlich nach dem, um welchen sich das System von Anfang an drehen mufste, wenn überhaupt von einer Bewegung die Rede sein sollte. Irrig ist

auch Kants Ansicht von der plötzlichen hervorbrechenden Sonnenglut, nachdem der Entstehungsprozefs in der Hauptsache vorüber war; doch ist er hierin entschuldbar, indem er ja die Lehren der mechanischen Wärmetheorie nicht kannte, die ihm gesagt haben würden, dafs diese Glut schon durch das Hinstürzen der Massenteilchen nach einem Zentrum infolge des Umsatzes der Bewegung in Wärme erzeugt worden wäre.

Auch seine Theorie des Saturnringes, die er selbst sehr hoch schätzte, und die merkwürdigerweise bis in die neueste Zeit viel Anklang gefunden hat, ist mit allen ihren Folgerungen falsch, wie wohl zuerst Gustav Eberhard in seiner vorzüglichen Dissertation „Die Kosmogonie von Kant", Wien 1893, nachgewiesen hat. Man sieht dies leicht ein, wenn man beachtet, dafs der vom Saturnkörper aufsteigende Dampf sich mit nach aufsen stetig abnehmender Dichtigkeit um den Planeten hätte lagern müssen, indem er sich unmöglich von selbst losreifsen und zu einem Ring formieren konnte, wenn er nicht etwa durch die Zentrifugalkraft des rotierend vorausgesetzten Hauptkörpers hinausgeschleudert wurde. Von einer solchen Annahme ist aber bei Kant keine Rede.

Auf weitere Einzelheiten der Kantschen Theorie, die noch viele Angriffspunkte bietet, gehen wir hier nicht ein; das Angeführte genügt, um ein abschliefsendes Urteil dahin festzustellen, dafs wir uns seinen Anschauungen heute nicht mehr anschliefsen können, womit jedoch nicht gesagt sein soll, dafs die Hypothese zur Zeit ihrer Entstehung nicht ihre Berechtigung gehabt hätte. Sie verdient schon deswegen entschiedene Anerkennung, weil sie zum ersten Mal das Gravitationsgesetz bei dem Weltbildungsprozefs in den Vordergrund stellte, und aufserdem hat Kants Gedanke, das Sonnensystem aus einer kosmischen Wolke entstehen zu lassen, wie wir sehen werden, auch in neuester Zeit wieder Vertreter gefunden.

(Fortsetzung folgt.)





Der Samum als geologische Kraft.

Vortrag gehalten in der Urania

von **Prof. J. Walther** in Jena.

(Schlufs.)

Nachdem wir so die Einzelformen der Felsengebilde studiert haben, treten wir durch eine enge Thalschlucht in das Innere des Gebirges hinein. Riesige Sandsteinmauern erheben sich am Eingang (siehe obere Abbildung des Titelblattes), auf der Felswand zur Linken sehen wir Säulengänge in halbzerstörtem Zustand hoch hinaufreichen. Kahl und nackt ragen die Felsen empor; nur auf der Thalsohle stehen zahlreiche Wüstenkräuter. Wir verfolgen die schmale Schlucht auf ihrem vielgewundenen Lauf, wir wandern stundenlang, wir dringen in jedes Seitenthal hinein, wir sehen bald Sandsteine, bald Mergel, bald Kalksteine übereinander liegen, aber immer erheben sich die Felsen rechts und links senkrecht zu unersteiglicher Höhe. Nirgends vermag unser Fufs emporzuklimmen, und wenn wir auch jede Seitenschlucht verfolgen, — jede einzelne endet wie eine Sackgasse mit überhängenden Felsen.

An einer raschen Biegung des Thales erscheint, tief in die Felswand eingebuchtet, ein weites Amphitheater. Auf dem nackten Thalboden liegen riesige Felsentrümmer umher; wie ein nasser Vorhang hängt die braune Schutzrinde über weifse Kalkbänke herab. Überhängende Felsbänke, horizontal geschichtet, umrahmen das trostlose Landschaftsbild. Alle Felsen scheinen zerfressen und wie mit Säure geätzt. Ganz ähnlich wie bei den Pilzfelsen ragen einzelne härtere Kalkbänke weit über ihren beschatteten Fufs herüber. Die untere Abbildung des Titelblattes zeigt wiederum, welche Wirkungen das Wüstenklima innerhalb 4000 Jahren hervorrufen kann, denn zur Pharaonenzeit waren diese Felsen geglättet worden.

Einzelne ägyptische Trockenthäler sind auf eine Länge von drei Tagereisen überall von so steilen hohen Felsen umgeben, dafs

G. Schweinfurth auf demselben Wege zurückkehren mufste, auf dem er das Thal betreten hatte. Steile Wände, halbrunde Amphitheater, blind endende Seitenthäler und überhängende Felstafeln sind die einzige Scenerie, die das Auge erblickt.

So wandern wir wieder zurück und erreichen wiederum die weite horizontale Wüstenebene vor dem Gebirge. Wir treten aus den horizontal geschichteten Gesteinsbänken heraus; da fesselt unsere Aufmerksamkeit ein seltsamer isolierter Berg, der etwa 1000 Schritt vor der Thalmündung unvermittelt aus der Ebene aufsteigt. Er zeigt dieselbe geologische Struktur wie die Wände des soeben verlassenen Thales, und indem wir unser Auge den Gebirgsrand entlang schweifen lassen, bemerken wir mehrere solcher Inselberge, die wie Vorposten vor dem Regiment in der Ebene postiert sind (Fig. 10). Mit flachen oder steileren Wänden, oben von einer härteren Felsbank gekrönt, erheben sich die seltsamen Hügel, die französische Reisende treffend „Témoin" genannt haben, weil sie wie ein Zeuge oder Markstein zeigen, bis zu welchem Punkt einstmal das Plateau gereicht haben mufs. Denn da man in beiden Schicht für Schicht identifizieren kann, so mufs der ganze Zwischenraum einmal von Gesteinsmasse erfüllt gewesen sein, die durch die Wüstenkräfte entfernt wurde.

Ich könnte noch manchen frappanten Wüstenfelsen in Wort und Bild vorführen. Aber das Gesagte wird genügen, um die Überzeugung zu befestigen, dafs die Felsen, von denen der Samum seinen Ursprung nahm, von denen die Staubteilchen stammen, die der Wüstenwind uns ins Gesicht schleuderte, ganz anders aussehen, wie die Felsen, die in unserem regenreichen Klima von beständigen Niederschlägen benetzt und feucht gehalten werden. Die Thäler und die Berge, die Felswände und die Blöcke, die Höhlen und die Spalten zeigen Umrisse und Gestalten, denen wir in unserem Klima gar nicht oder nur selten begegnen. Weder Säulengänge noch Pilzfelsen, weder hohle Blöcke noch die braune Schutzrinde, weder Amphitheater noch Zeugenberge finden wir in einem regenreichen Klima, und von allen Hypothesen, um diese sonderbaren Felsenformen zu erklären, war es wohl die fernliegendste, als man sie für Wirkungen des Wassers erklärte. Wenn wir die Oberfläche dieser zerfressenen und so stark verwitterten Felsen studieren, wenn wir sehen, dafs oft keine gelockerten Fragmente mehr an ihnen kleben, obwohl es vielleicht seit 5 Jahren keinen Tropfen geregnet hat, und also die transportierende Thätigkeit des Wassers vollkommen ausgeschlossen ist, so kann es gar keinem Zweifel unterliegen, dafs eine andere

Naturkraft die Verwitterungsprodukte entfernt haben mufs. Wir erblicken diese Kraft in der abhebenden Thätigkeit des Windes und nennen diesen Vorgang „Abblasung“ oder Deflation. Als Deflationserscheinungen betrachten wir mithin alle jene seltsamen Felsformen, die uns in der Wüste überall entgegentreten, und die uns um so befremdender erscheinen, weil in unserem deutschen Klima die Deflation nur eine untergeordnete Rolle spielt und mithin auch ihre Wirkungen nur selten rein zu beobachten sind.

Nachdem wir geschildert haben, wie der Samum die verwitterten Fragmente von den Felsen abhebt, müssen wir ihn auf seinem

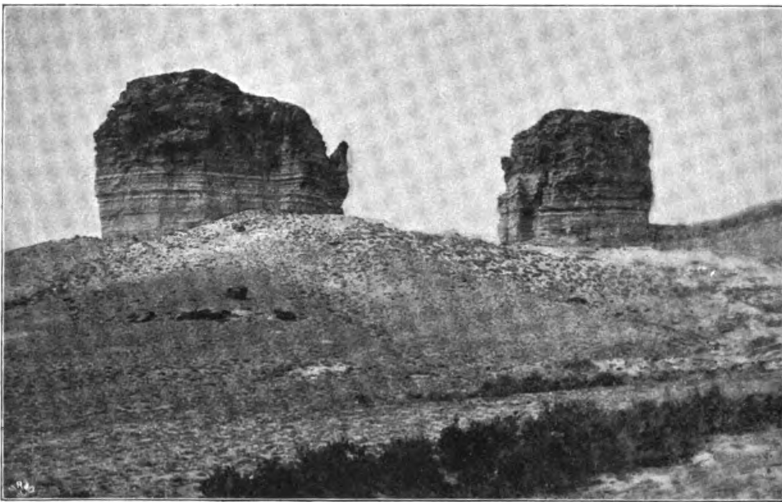


Fig. 10. **Zeugen am Green River.**

Weg begleiten und studieren, welches Schicksal die mitgerissenen Steinchen, Sandkörner und Staubteilchen haben.

Mit heftiger Gewalt treibt der Wind Sandkörner über den Boden und überall wirbeln und wetzen die harten Wurfgeschosse. Jeder Kiesel, jeder Felsblock wird gescheuert und geschliffen, jede Unebenheit des Felsens bietet neue Angriffspunkte für die treibenden Sandmassen. So werden alle auf dem Wüstenboden liegenden Steine gerundet und poliert. Die Kieswüste entsteht, mit ihren Millionen runder Geschiebe, die so glatt und glänzend sind, dafs der Kiesboden einen fettigen Glanz annimmt.

Ein schönes Beispiel der wetzenden Thätigkeit des Sandwindes bietet Fig. 11.

Von rechts ist der Sand gekommen, lange Furchen hat er in

den Bergfelsen eingeschliffen, und indem er weiterwirbelte, noch zahllose blätterähnliche Vertiefungen der spiegelglatten Felsfläche eingegraben.

Wenn eine Gesteinsmasse aus härteren und weicheren Schichten besteht und dem Sandgebläse in der Wüste ausgesetzt wird, dann runden sich die härteren Bänke zu flachen Wulsten heraus. So ist die Sphinx in der Nähe der Pyramiden von Giseh (Fig. 12) aus anstehenden Kalkfelsen gemeifselt, nur die riesigen Tatzen sind aus Ziegelsteinen gemauert. Oft hat der Flugsand das uralte Bildwerk verschüttet, immer wieder mufste es aus dem Sande ausgegraben werden. Kein Wunder, dafs diese treibenden Sandmassen die einst geglättete Oberfläche des Felsenbildes korrodiert haben und dafs horizontale meterbreite Furchen die weicheren Kalkbänke deutlich erkennen lassen.

Oft entstehen durch das Sandgebläse gar sonderbare Gesteinsformen. So waren zum Beispiel seit 20 Jahren, auch in Norddeutschland, eigentümliche Kiesel gesammelt worden, die auf ihrer Oberfläche wie ein geschliffener Edelstein mit glatten Facetten bedeckt waren, die sich in scharfen Kanten schneiden. Da man mit Vorliebe solche Facettengeschiebe sammelte, welche 3 Kanten zeigten, so wurden diese Kiesel bald als „Dreikanter" allgemein bekannt. Nach mehreren Versuchen, ihre Entstehung durch Eiswirkung zu erklären, ist es jetzt allgemein angenommen und sicher bewiesen, dafs die Dreikanter, Einkanter und Vielkanter nur durch die wetzende Thätigkeit des Sandwindes entstehen, und dafs auch die bei Berlin gefundenen Facettengeschiebe während eines trockenen Steppenklimas gebildet worden sind.

Es giebt also thatsächliche Beweise dafür, dafs der sandbeladene Wind gewisse Gesteinsformen erzeugt. Nun entsteht die Frage, ob auch Säulengänge und hohle Felsblöcke, Amphitheater und Zeugenberge durch die wetzende Thätigkeit des Sandwindes entstehen. Und diese Frage mufs ich mit aller Entschiedenheit verneinen. Es würde mich zu weit führen, wenn ich alle Gründe hier aufzählen wollte, nur eins will ich hervorheben. Die wetzende Thätigkeit des Sandwindes beruht wesentlich darin, dafs er Unebenheiten ausgleicht, Vorsprünge glättet, Hindernisse verringert. Niemals aber kann der mit breiter Fläche dahinbrausende Sandwind regelmäfsige Säulengänge ausbohren, oder gar einen 2 m hohen Felsblock aushöhlen, dafs ein Eremit darin seine Wohnung aufschlagen könne. Säulengänge in Kalkfelsen müfsten dann mit dem Schleifsand aus härterem Quarz noch erfüllt sein, kurzum die Sandschlifftheorie kann viele Einzelheiten erklären, aber niemals das Relief der Wüstenfelsen

und ihre sonderbaren Oberflächenformen unserem Verständnis näher bringen.

Der Samum führt Staub und Sand in grofsen Wolken mit sich, und diese Gesteinsfragmente und Mineralsplitter mufs der Wind irgendwo aufgehoben haben, ehe er sie verfrachten konnte. Der Wind wirkt also wesentlich als Transportkraft, noch ehe er seine schleifende Thätigkeit entfaltet hat, und wenn es in der Wüste Kräfte giebt, die Gesteine zerkleinern, ihren Zusammenhalt lockern, kleine Splitter lossprengen, so findet der Wind überall seine Fracht; er



Fig. 11. **Sandschliffe auf Rhyolith im Monothal.**
Aufgenommen durch die Geologen der U. S. Geolog Survey.

braucht ja nur aufzuheben, was andere Kräfte für ihn zerkleinert haben.

Eine dieser Kräfte haben wir schon bei der Beschreibung des Granits kennen gelernt: die Temperaturunterschiede lockern dessen sicheren Mineralverband und erzeugen einen mürben Sand, aus dem selbst ein schwacher Wind allerlei Splitterchen herausheben kann. Wächst aber die Kraft des Windes zum orkanartigen Samum, dann hebt er noch gröbere Körner auf und treibt sie in schweren Wolken über die Karawane hinweg.

Eine vielbekannte und dem Wüstenreisenden wohl täglich entgegentretende Erscheinung ist die Fata morgana. Ganz ähnlich wie bei uns an heifsen Sommertagen der Erdboden so stark erwärmt

wird, dafs eine zitternde heifse Luftschicht deutlich sichtbar darauf liegt, so erhitzt sich auch der kahle Felsboden in der Wüste in ganz beträchtlicher Weise. Bei einer Lufttemperatur von 32 ° C. fand ich Sand und Felsen 48 ° C. warm, und wenn man bedenkt, dafs Lufttemperaturen von 45 ° und 50 ° oft in der Wüste beobachtet werden, so kann man sich einen Begriff machen, welche Wärmegrade die Felsen annehmen. Wie eine zähe Flüssigkeit liegt diese heifse Luftschicht über dem Erdboden, eine scharfe Grenze trennt sie von der darüber ruhenden kälteren Luft, und da beide Schichten von ganz verschiedener Dichte und verschiedenem Brechungsvermögen sind, so wirkt diese Grenzschicht wie ein Spiegel. Und so sieht man denn täglich, wenn die Sonne den Erdboden erhitzt hat, am fernen Horizont die spiegelnde Fläche der Fata morgana. Felsen und Sandhügel, einzelne Steine und ferne Berge scheinen einen stillen glatten See zu umgeben, in dessen Spiegel ihre Form deutlich reflektiert wird. Freilich wird ein Beduine oder ein Wüstenreisender niemals auf die Vermutung kommen, dafs dort Wasser vorhanden sei, und selbst in den Zeiten der höchsten Not wird eine Karawane nimmermehr nach dem trügerischen Zaubersee ihre Schritte lenken. Jedermann weifs, dafs die alltägliche Erscheinung ein Trugbild ist.

Die Temperatur erreicht ihren Höhepunkt nachmittags gegen 2 Uhr, hält sich dann aber mehrere Stunden auf beträchtlicher Höhe. Kaum ist die Sonne mit strahlendem Purpurglanz im Westen verschwunden, so erfolgt ein rascher Temperatursturz, und nach kurzer Zeit sind die Felsen kälter geworden als die auf ihnen ruhende Luft. Diese täglich wiederkehrenden Temperaturunterschiede werden aber durch andere meteorologische Erscheinungen begünstigt. Heftiger Wind erniedrigt rasch die Felsentemperatur um 7 °. Plötzlich auftretende Gewitterregen führen eine Abkühlung der Luft um 35° herbei.

Wenn ein Stein in der Wüste durch die Sonnenstrahlen erwärmt wird, so dehnt sich zuerst seine Oberflächenschicht aus, und es entsteht eine Spannung zwischen dieser warmen Rinde und dem noch kalten Kern. Indem sich dieser Vorgang täglich wiederholt, bilden sich Sprünge im Gestein, welche einzelne dünne oder dickere Oberflächenschalen ablösen und das von uns an Graniten und Kalksteinen oft beobachtete Phänomen der Abschuppung erzeugen. Papierdünne oder kräftige Rindenstücke lassen sich dann mit geringer Kraft vom Felsen abheben, und wenn der Samum vorbeibraust, dann nimmt er gar manchen Splitter mit hinweg.

Viel kräftiger jedoch ist die felsenzerstörende Kraft der ab-

nehmenden Temperatur. Wenn ein Felsblock oder ein kleiner Kieselstein tagsüber auf 50—60° erhitzt und sein Volumen dadurch stark ausgedehnt worden ist, erfolgt bei Sonnenuntergang oder noch heftiger bei einem Gewitterguſs die rasche Abkühlung, die naturgemäſs die Oberfläche zuerst betrifft. Unter dem Einfluſs der Kälte zieht sie sich rasch zusammen, und wiederum entsteht eine mechanische Spannung im Gestein, wenn auch in anderem Sinne als bei der Erwärmung. Die äuſsere Schicht wird kälter und damit kleiner als die noch erwärmte Innenmasse, und so bildet sich ein Sprung, der weiter-

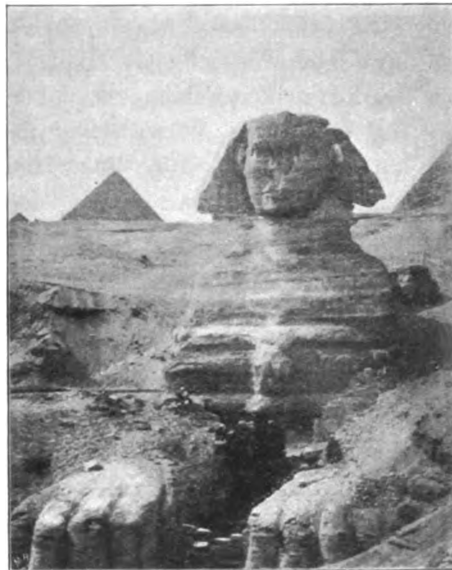


Fig. 12. **Die Sphinx.**

fortschreitend allmählich den ganzen Felsblock durchschneidet und in gröſsere oder kleinere Bruchstücke zerteilt. Dann stürzen, wie das Livingstone beschrieben hat, am Abend groſse Felsentrümmer polternd am Bergabhang herunter, Kieselsteine, die der Sandwind gerundet hatte, zerspalten sich in scharfkantige Hälften, die man dann noch nebeneinander liegen sieht, und zahllose kleine Splitter warten des Windes, der sie mühelos aufhebt und davonträgt.

Aber damit haben wir noch nicht erklärt, wie es kommt, daſs sich tiefe Löcher in die Felsen hineinfressen, daſs riesige Blöcke ausgehöhlt werden, daſs überhängende Pilzfelsen und regelmäſsige Säulengänge entstehen. Eine andere unscheinbare Kraft erzeugt diese rätselhaften Gebilde. Es taut und regnet so spärlich in der

Wüste, dafs nur selten die Felsen, von Wasser befeuchtet, sich chemisch zersetzen können, wie solches in unserem Klima die Regel ist. Der seltene Regen hat aber zur Folge, dafs alle die in den Gesteinen enthaltenen leichtlöslichen Salze, wie sie sich besonders in den Poren marin entstandener Ablagerungen finden, in den Felsen bleiben und nur langsam herausgewaschen werden. Die Menge dieser Salze ist so beträchtlich, dafs in der Wüste jede Quelle, jedes stehende oder rinnende Wasser salzhaltig erscheint. An den Stellen der Felsen, die nach einem Regen oder nach einem Taufall am schwersten von der Sonne abgetrocknet werden, hält sich naturgemäfs das Wasser und die Feuchtigkeit länger als auf den der Sonne exponierten Flächen. Auf der Nordseite der Berge, in Spalten und Vertiefungen, unter überhängenden Felskanten und am Fufse isolierter Blöcke wird also die chemische Verwitterung eine ganz andere Thätigkeit entfalten können als auf glatten Felswänden, an der Deckschicht weiter Hochplateaus, an isolierten Kuppen und Felsblöcken So frifst sich das salzige, chemisch wirksame Wasser an jenen Stellen langsam aber unwiderstehlich in die Gesteine hinein, und je schattiger eine Höhlung, je enger ein Spalt ist, desto intensiver mufs seine auflockernde Wirkung werden. Andere Umstände, die noch der näheren Untersuchung harren, treten hinzu, und wenn über eine Felsenwüste der Samum hinwegbraust, dann findet er an zahllosen Punkten gelockerte Sandkörnchen, Thonstaub und Kalksplitter. Wie ein Besen fegt er die Felsen rein und nimmt mit sich alles, was seine Kraft zu tragen vermag. Und wenn er davon geeilt ist, treten wir an den Felsen heran und sehen voll Verwunderung rätselhafte Löcher und Säulengänge, sonderbare Pilzfelsen und weit überhängende Schichtenbänke, tiefe Felsenschluchten und merkwürdige Amphitheater — seltsame Wirkungen unsichtbarer Kräfte, problematische Felsformen eines uns ungewohnten Klimas. — Meeresfluten, reifsende Wasserströme und mächtige Wasserfälle hat man annehmen zu müssen geglaubt, um in der wasserleeren Wüste solche Verwitterungsformen zu erklären, ohne zu bedenken, dafs eine gewaltige Kraft Tag und Nacht thätig ist, um jedes durch die Verwitterung gebildete Stäubchen vom Felsen abzuheben und durch die Luft davonzutragen. Der Samum ist es, der diese Wirkungen erzeugt; der Wind ist es, der Kesselthäler ausgräbt, tiefe Uadischluchten einschneidet, Säulengänge erzeugt und Zeugenberge von dem weitausgedehnten Tafelland abtrennt. Nicht wie ein Bohrer gräbt er sich mit seinen Sandwolken in die Felsenwüste hinein, sondern wie ein Besen fegt er über die

Gesteinsflächen, und was durch andere Kräfte gelockert wurde, das hebt er spielend auf und trägt es flüchtig dahin.

Nachdem wir verfolgt haben, wie der Samum das Gestein aufhebt und davonträgt, wie er mit demselben die Felsen schleift und wetzt, müssen wir noch die weiteren Schicksale des transportierten Materials verfolgen. Je nach ihrer Geschwindigkeit hebt die bewegte Luft erbsengrofse Steinchen oder grobe Sandkörner, feines Sandmehl oder zarten Thonstaub empor und sortiert dieses Material während des Sturmes nach seiner Schwere. Die Staubnebel, welche dem Samum vorausschreiten, entsprechen dem leichten Thonmaterial, die darauf folgenden Sandwolken transportieren die schweren Gemengteile.

Es ist leicht verständlich, dafs gerade die letzteren nur geringere Strecken in der Wüste vorwärts bewegt werden, und die weite Verbreitung der Sandberge innerhalb der Wüste hängt damit auf das engste zusammen. Die Wüstendünen bestehen fast ausschiefslich aus Quarzsand, und die wichtigste Quelle desselben sind die quarzhaltigen krystallinischen Gesteine, das Grundgebirge der Erde, das überall zu Tage tritt, dessen Mineralbestandteile durch die Wärme ausgedehnt, durch die Kälte zusammengezogen werden und sich hierbei von einander lösen. Am Fufs der Granitberge finden wir einen „Embryonalsand“ weit verbreitet. Alle Gemengteile des Granits liegen noch friedlich durcheinander, Quarz und Feldspath, Glimmer und Hornblendekrystalle sind isoliert, aber doch noch räumlich verbunden. Der Samum braust daher und hebt die Körner empor, trägt sie ein Stück davon und schüttet sie zu einem Sandhügel auf. Schon ist eine Scheidung eingetreten. Zwischen den rundlichen, festen Quarzkörnern liegen nur noch die gröberen Feldspathbruchstücke; die feinen Splitter des leicht zerspringenden Minerals sind weiter getragen worden. Auf der dem Winde abgekehrten Leeseite des Sandhügels bemerken wir ein fufsbreites dunkles Band, in dem wir den Glimmergehalt des Granits wiedererkennen. So zerfällt der Granit in der Wüste zu leichtbeweglichem Sande, der tiefe Thalmulden ausfüllt, der den Fufs der Granitfelsen wie ein Teppich umkleidet, der sich wie eine Schneedecke in alle Spalten und Klüfte hineinschmiegt, und in dem wir oft noch alle Gemengteile des Urgesteins nebeneinander bemerken.

Es entsteht der Sand in der Wüste nicht durch Wasserfluten, nicht durch Meereswogen, sondern durch dieselben Kräfte, die das Relief der Wüste umgestaltet und modelliert haben.

Die mannigfaltigen Hindernisse, die das Bodenrelief der Wüste bietet, und die bekannte Unregelmäfsigkeit in der stofsartigen Be-

wegung des Windes bringen es mit sich, dafs der Sand nicht als eine glatte Flächenschicht ausgebreitet wird, sondern hohe wellenförmige Hügel bildet, die als Sanddünen wohlbekannt sind. Aber während die an den Meeresküsten auftretenden Dünen durch die Geradlinigkeit des Strandes zu einer langen einheitlichen Kette umgestaltet werden, ist die charakteristische Form der Wüstendüne von halbmondförmiger Gestalt, und nur wenn lange Zeit hindurch konstante Winde wehen, dann vereinigen sich die einzelnen Sicheldünen zu mehr oder minder regelmäfsig streichenden Sandrücken.

Man kann sich kaum ein seltsameres und zugleich charakteristischeres Landschaftsbild denken, als wenn man die transkaspische Bahn in Russisch-Turkestan verläfst und in das unermefsliche Sandmeer eindringt, das der kühne General Annenkow mit seiner Bahnlinie auf wohl 200 km Länge durchschnitt. Wie die Wogen eines aufgeregten Meeres türmen sich ringsum die Sandberge 10—15 m hoch über die sandige Wüstenfläche empor. Vereinzelte Grasbüsche, graugrüne Tamarisken und dornige Akazien sind zwischen und auf den Sandhügeln verstreut. Aber so weit das Auge reicht, erblickt es nichts als gelben Sand, nichts als halbmondförmige Sicheldünen und zwischen denselben tiefe Sandmulden. Ein kräftiger Wind erhebt sich, und die Dünenkämme geraten in Bewegung. Auf der dem Winde zugekehrten, sanft ansteigenden Luvseite rollen die Sandkörner bergan, die ganze Fläche des breiten Dünenrückens scheint zu leben, überall kriechen und tanzen die Sandkörner in lustigem Spiel dahin. Und so gelangen sie endlich auf den Dünenkamm, der scharf wie ein Messerrücken den sanft gerundeten Dünenrücken von der steil abfallenden Stirn des Sandberges trennt. Der Kamm scheint zu dampfen, so wirbelt der Wind die Sandkörner über ihn hinaus, doch rasch sinken sie hinab und bilden die steile Böschung der halbmondförmig gebogenen Mulde, in der sich der Sandhügel verliert. Indem so beständig die Sandkörner über die Düne hinwegrollen, verwandelt diese ihre Form und wandert langsam vorwärts, der Windrichtung folgend. Ich habe in einer Stunde solche Dünen $^1/_2$ m wandern sehen und viele ähnliche Messungen sind oftmals angestellt worden.

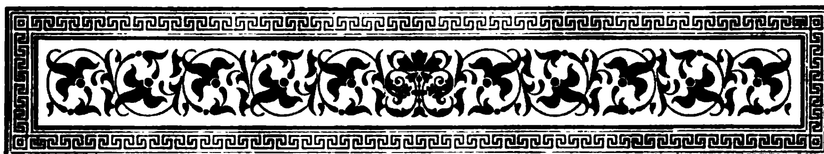
Aber was wird denn aus dem feinen Staub, der in viel gröfserer Menge durch die wüstenbildenden Kräfte von den Felsen abgelöst wird, und der als dichter Staubnebel so oft die Luft in der Wüste und an ihrem Rande trübt? Es kann keinem Zweifel unterliegen, dafs der Staub auch irgendwo zur Ruhe kommt, dafs er sich ebenso anhäuft wie der Sand innerhalb der Wüste. Aber die viel gröfsere Beweglichkeit des Staubes macht es leicht verständlich, dafs er in der Wüste selbst

nicht bleiben kann. Wir müssen die Steppenregionen studieren, die fast immer mit den Wüsten verknüpft sind, wenn wir den Ort der Staubanhäufung kennen lernen wollen.

Im Innern der pflanzenleeren Wüste, auf dem glühend heifsen Felsen und Sandboden steigert sich die Kraft des Samums rasch zu tobendem Orkan; nichts tritt seiner unheimlichen Gewalt hindernd in den Weg, wie auf offenem Meere findet die Windsbraut freie Bahn. Sobald er aber die Grenze der Wüste überschreitet und auf die mit reicher Vegetation bewachsene Steppe gelangt, mindert sich seine Kraft. Biegsame Gräser und elastische Kräuter lähmen die heftige Bewegung der Luft; überall wird die Kraft des Sturmes gebrochen und seine Geschwindigkeit vermindert.

Kein Wunder, dafs dabei auch der Staub zur Ruhe kommt. Wenn sich die nächtlichen Nebel senken, wenn Regengüsse herabstürzen, wenn die Luft stagniert und die Staubmassen dem Gesetz der Schwere Folge leisten, sinkt langsam das feine Material zu Boden. Jahraus, jahrein fegt der Wind die Wüste, und beständig wird in der Steppe der feine Staub niedergeschlagen. So wachsen die aufgehäuften Staubmassen immer mehr, und endlich entsteht eine Ablagerung, die wir als Löfs bezeichnen. Eine 200 m dicke Schicht von Löfs bedeckt riesige Flächen in China und Centralasien und reicht bis nach der altberühmten Stadt Samarkand. Vor ihren Thoren hat der reifsende Flufs sich tief hineingewühlt in die Löfsablagerung, und neben einem mit 6 Kuppeln überwölbten Heiligengrab erheben sich die gelben, ungeschichteten Lehmwände 20 m hoch.

Jahrtausende waren nötig, um mikroskopische Staubteilchen zu so mächtigen Lagern anzuhäufen, und so sehen wir hier die letzte Wirkung einer Kraft, die lange Zeiträume hindurch in der Wüste gewirkt haben mufs. Hier liegt die Gesteinsmasse, die einstmals Wüstenthäler erfüllte, die im Inneren der Säulengänge und der hohlen Blöcke, am Fufs der überhängenden Felsschichten und der Pilzfelsen dereinst geruht hatte, die durch geheimnisvolle Verwitterungskräfte dort gelockert worden war, die der Samum aufhob und eilends davontrug, deren gröbere Bestandteile die Sanddünen in der Wüste bilden, die hier im Schutze rasenbildender Steppengewächse zur Ruhe gelangte. Wenn wir uns im Geiste alle die riesigen Löfsmassen der Erde an ihren alten Ursprung versetzt denken, dann können wir Kubikmeilen grofse Thäler und Kessel wieder ausfüllen, und wir stehen voll Bewunderung vor einem Naturprozefs, der flüchtig wie der Wind, unsichtbar wie die Luft, dem forschenden Auge lange verborgen, doch riesengrofse Wirkungen auszuüben im stande ist.



Die in der Atmosphäre vorhandenen organisierten Körperchen.*)

Von Dr. J. B. Cohen in Leeds.

Bis zum Beginn unseres Jahrhunderts waren die Gedanken der Naturphilosophen fast ausschliefslich auf die Erforschung des unendlich Grofsen — auf die Entdeckung neuer Körper im Weltenraum, das Studium der allgemeinen Schwere und die Messung der Lichtgeschwindigkeit — gerichtet. Unser Jahrhundert erst hat neue Pfade in ein bis dahin noch unbekanntes grofses Reich gebahnt; es ist die Wissenschaft des unendlich Kleinen, die recht eigentlich eine Schöpfung unserer Tage ist. Daltons Atomtheorie, welche sich mit der unsichtbaren molekularen Struktur der Materie befafst, ist im wesentlichen das Fundament der modernen Chemie und Physik. Die Theorie der Krankheitserreger in Gestalt mikroskopisch kleiner Lebewesen, die sich im Innern und in der Umgebung des menschlichen Körpers aufhalten und fortpflanzen, bildet den Grundstein der modernen Pathologie und Chirurgie. Wir wollen in dem Folgenden die Aufmerksamkeit unserer geneigten Leser auf diese kleinen Organismen lenken. Die Entdeckung von Lebewesen von so äufserster Kleinheit, dafs die Mehrzahl derselben sich beinahe einer Beobachtung durch das vollendetste Mikroskop entzieht, steht mit einem bereits sehr alten Prozefs in ursächlichem Zusammenhang, nämlich mit dem Prozefs der Fermentation.

Bereits im 17. Jahrhundert schrieb Boyle in seinem „Essay über den pathologischen Teil der Physik“ mit jenem prophetischen Scharfblick, der sich in allen seinen Schlufsfolgerungen kund giebt: „Fügen wir hinzu, dafs derjenige, welcher mit dem Wesen des Ferments und der Gärung vollkommen vertraut ist, sich wahrscheinlich weit fähiger erweisen wird, über die verschiedenen Krankheitserschei-

*) Aus einem Vortragscyklus: „The Air of Towns“ (Annual Report of the Smithsonian Institution, 1896) ins Deutsche übertragen von der Redaktion.

nungen Aufschlufs zu erteilen als derjenige, welcher von diesen Dingen nichts weifs; ja möglicherweise dürften die Krankheiten ohne Kenntnis der Gärungslehre überhaupt nie vollkommen begriffen werden."

Die Wein- und Bierbereitung ist bereits in geschichtlicher und vorgeschichtlicher Zeit praktisch ausgeübt worden. Theophrast, der vier Jahrhunderte vor Christi Geburt lebte, bezeichnete das Bier als den Wein der Gerste, während Noah nach der Bibel sich einen Weingarten anlegte und den Wein trank, der das Herz der Männer erfreut. Das eine oder andere Verfahren ist heutzutage bei jedem Volk, kultiviertem oder unkultiviertem, im Gebrauch.

Prefst man eine Weintraube aus, und bleibt der Saft dann bei ziemlich warmer Temperatur sich selbst überlassen, so beginnt er bekanntlich zu schäumen. Nach wenigen Tagen bereits ist seine Süfsigkeit, welche von dem der Traube eigenen Traubenzucker herrührt, verschwunden, und der Saft hat einen etwas brennenden Geschmack angenommen; er enthält jetzt keinen Zucker mehr, sondern nur noch Alkohol. — Quellt man Gerste in Wasser ein und gestattet ihr das Keimen, unterbricht dann aber plötzlich diesen Keimprozefs durch Dörren der Körner, so nimmt die derartig behandelte Gerste einen süfslichen Geschmack an; sie wird in diesem Zustande „Malz" genannt. Die Bestandteile der Gerste sind verändert worden; ein neuer Stoff hat sich gebildet, Diastase genannt, ein Stoff, welchem die besondere Eigenschaft zukommt, die in den Körnern enthaltene Stärke in Zucker zu verwandeln, sobald diese Körner in Wasser eingeweicht werden. Etwas Zucker ist bereits im Malz gebildet, woher denn der süfse Geschmack desselben stammt. Das Malz wird jetzt für kurze Zeit in dem Maischbottig mit Wasser durchgearbeitet, das Wasser dann gekocht und schnell abgekühlt, und der so gewonnene Extrakt wird bekanntlich die „Bierwürze" genannt. Wenn ein wenig Hefe oder Brauerbärme dieser Würze zugesetzt wird, beginnt dieselbe bald aufzuwallen; es bildet sich gleichzeitig ein weifser Schaum. Dieser Schaum besteht aus Hefe, welche infolge dieses Verfahrens das Vier- oder Fünffache ihres ursprünglichen Quantums einnimmt. Der süfse Geschmack der Würze ist jetzt vollkommen verschwunden; an Stelle des Zuckers enthält dieselbe nunmehr Alkohol. Die Wein- und Bierbereitung sind also durchaus ähnliche Prozesse; der Unterschied besteht nur darin, dafs beim Brauen der Brauer das Ferment hinzufügen mufs, während bei der Weinfabrikation dasselbe von vornherein in der Traube enthalten ist. „Was vom Brauer mit Bewufstsein gethan wird", sagt Tyndall, „thut der Weinstock unbewufst."

Die Natur des Fermentes — der Hefe — ist zuerst im Jahre 1680, als das Mikroskop noch ein sehr jugendliches Instrument in den Händen der Forscher war, von dem Holländer Leuwenhoek studiert worden. Er fand, dafs die Hefe aus kleinen Kügelchen besteht. Mehr als anderthalb Jahrhunderte sind dann verflossen, ohne dafs die Erkenntnis der Eigenart dieser Hefekügelchen wesentlich gefördert worden ist. Erst im Jahre 1835 hat in Frankreich Cagniard de la Tour und unabhänging von ihm in Deutschland Schwann die Kügelchen sorgfältig beobachtet und festgestellt, dafs dieselben Knospen treiben, also eine Form niedrigen pflanzlichen Lebens darstellen.

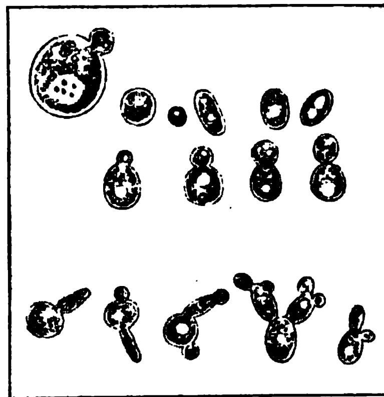


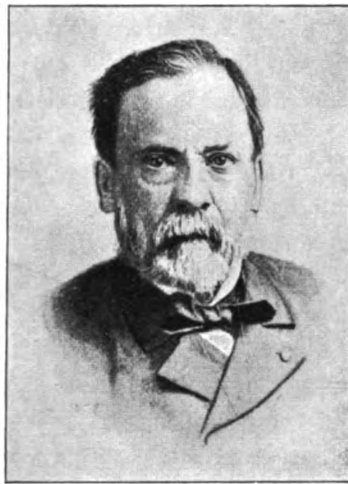
Fig. 1. **Hefepflanze.**

Unsere Figur 1 zeigt die Hefepflanze in ihren verschiedenen Wachstumsphasen, zunächst als eine einfache kugelige Zelle, dann die sich ansetzenden und sich weiter entwickelnden Sprosse, und endlich die Trennung letzterer von der Mutterzelle sowie die Herausbildung einer neuen Hefepflanze. Wenn die Flüssigkeit keine Störung erleidet, bleiben die Zellen bei einander und erscheinen dann zweigartig verteilt wie die Glieder einer Kaktusranke.

An diesem Punkte war es nun, wo Pasteur den Gegenstand aufnahm. Man könnte dreist eine ganze Reihe von Abhandlungen den Untersuchungen dieses berühmten französischen Chemikers widmen; es möge aber genügen, hier auszusprechen, dafs Pasteur im Widerspruch mit einer grofsen Anzahl wissenschaftlicher Autoritäten die Thatsache festgestellt hat, dafs die Umwandlung des Zuckers in Alkohol durch die lebenden Hefezellen während der Dauer ihrer Existenz in der Flüssigkeit hervorgebracht wird. In

welcher Weise dies geschieht, wissen wir allerdings noch nicht. So lange nämlich die Hefe nicht einwirkt, greift keine Fermentation Platz. Wie kommt es nun aber, dafs Wein aus eigenem Antriebe fermentiert, während doch Bier dies nicht thut? Auf diese Frage hat Pasteur folgende Antwort gegeben: Die Keime der Hefepflanze sind einfach in dem Staub der Luft, der sich auf den Schalen der Weinbeeren absetzt, enthalten.

Wir wollen nun den Apparat und die Methode kurz darlegen, durch welche dies Problem von Pasteur gelöst wurde. Eine Flasche (Figur 2 rechts) hat zwei Hälse; der eine ist zu einer Spitze ausgezogen,



Louis Pasteur (1822—1895).

welche versiegelt worden ist, der andere dagegen ist zu einer feinen Röhre ausgezogen, welche nach unten gebogen ist, wie es die Figur veranschaulicht. Obwohl das Ende dieser Röhre nach oben gekrümmt und offen ist, kann doch kein Staub in die Flasche eindringen. Die Spitze des erstgenannten Halses wird nun in die Haut der Weinbeere eingedrückt, wie es in entsprechend vergröfserter Form (Figur 2 links) zur Anschauung gebracht ist. Nach dem Hineinstecken wird dann die feine Siegellackspitze abgebrochen, und, indem man an dem nach unten gekrümmten offenen Flaschenhalse saugt, sickert der Traubensaft in das Gefäfs. Die Spitzen werden dann wieder zugeschmolzen. In dieser Weise wird der die Aufsenschale der Weinbeere bedeckende Staub ausgeschlossen, und eine Folge davon ist, dafs keine Gärung des Traubensaftes eintritt.

Selbstverständlich können nun auch Gärungserreger ihren Weg in die sogenannte Bierwürze finden. Aber diese Flüssigkeit verhält sich neutral und reagiert nicht sauer wie der Traubensaft. Sie besitzt eben die Fähigkeit, andere Organismen zu ernähren, welche nicht Zucker in Weingeist verwandeln, wohl aber säurehaltige Substanzen erzeugen, wie solche der Brauer oft genug in der Würze vorfindet, wenn gelegentlich derartige Keime in die Maischkufe hineingelangen. Fügt man aber reine Hefe zur Bierwürze hinzu, so wird diese, wenn sie einmal Boden gefafst hat, im allgemeinen selbst für den Ausschlufs anderer Lebensformen Sorge tragen, ganz so wie ein Acker, der mit Weizen besäet ist, im allgemeinen auch nur Weizen erzeugt und nicht etwa Unkraut, das an andern Stellen emporwuchert.

Die Gärungsmittel des Bieres und Weines riefen zunächst die Aufmerksamkeit Pasteurs wach, und er fand dann, dafs gewisse noch kleinere Formen niedrigen vegetabilischen Lebens, Mikroben oder Bakterien genannt, die Fähigkeit besitzen, Zucker in Säuren umzuwandeln.

Die Figur 3 zeigt uns solche noch viel kleinere Keime, welche im verdorbenen Bier angetroffen werden und, in perlschnurartigen Fasern wachsend, mit den Hefezellen in enger Verbrüderung leben. Das Studium gerade dieser Mikroben führte Pasteur zu der Entdeckung eines Prozesses, der dem Herbewerden des Weines vorbeugt. Er fand nämlich, dafs eine unter dem Siedepunkte des Wassers liegende Temperatur diese Keime zerstört. Nachdem der Wein auf Flaschen gezogen ist, genügt ein kurzes Eintauchen der Flaschen in heifses Wasser, um die betreffenden Keime zu töten, ohne dafs dadurch dem Bouquet des Weines wesentlich Abbruch gethan wird oder sonst eine Veränderung desselben beim Aufbewahren eintritt. Dieser Prozefs ist unter der Bezeichnung „Pasteurisation“ bekannt. Die Erzeugung des sogenannten „Weinessigs“ aus Bier oder Wein ist in dieser Weise auf ein mikroskopisches Ferment zurückgeführt worden, welches Alkohol in Essigsäure umsetzt, und das als Mycoderma aceti oder essigsaures Ferment bekannt ist; es wurde, wie eben erwähnt, im sauren Bier nachgewiesen.

Die Keime aller dieser Formen vegetabilischen Lebens sind in dem Staub der Luft gefunden worden. Wenn dieser Staub aufgewirbelt wird, setzt er sich allmählich nieder, und wenn die Keime zufällig einen guten Nährboden finden, dessen Temperatur weder zu hoch noch zu niedrig ist, so werden sie unmittelbar zu wachsen und sich zu vermehren beginnen, und zwar gewöhnlich in ganz erstaunlichem

Grade, wobei sie von dem betreffenden Material leben und die Umwandlung desselben in neue, in der Regel einfachere Substanzformen bewerkstelligen.

Der Schlufs, dafs der Fäulnisprozefs einen ähnlichen Ursprung hat, ergiebt sich natürlich von selbst. Wir wissen, dafs Fleisch bei warmer Witterung schnell in Fäulnis übergeht. Solch ein Fleischstück, unter einem stark vergröfsernden Mikroskop betrachtet, wird sich durch und durch mit Bakterien durchsetzt erweisen.

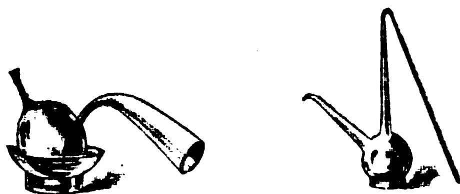


Fig. 2. **Ursache der Weingärung.**

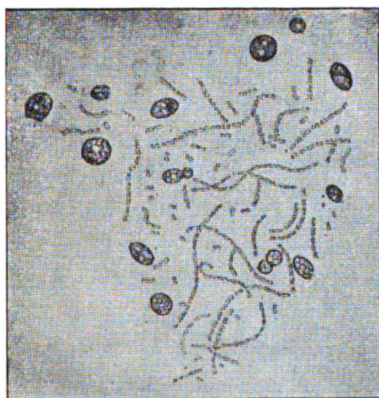




Fig. 3. **Essig- und Milch-Gärungskeime im sauren Bier.**

Man hat nun gefunden, dafs man die Bakterien dadurch töten kann, dafs man sie hinreichend lange der Temperatur des kochenden Wassers aussetzt — einige Bakterien haben nämlich ein zäheres Leben als andere —, dafs die Gefriertemperatur ihre Entwickelung wohl hemmt, aber nicht immer ihre Zerstörung herbeiführt, und dafs endlich gewisse sogenannte „antiseptische Mittel“, als Karbolsäure, ätzendes Quecksilbersublimat, Borsäure etc., wie ein Gift auf sie wirken und sie vernichten. Ein jeder der Leser wird sich gewifs einer Anzahl Fälle erinnern, wo die eine oder andere dieser Methoden

in Anwendung kam, um Fäulnis und Zerfall zu verhüten. Fleisch und Milch werden bekanntlich dadurch geschützt, dafs man sie in luftdichten Blechdosen erwärmt. Im Sommer verhindert man das Sauerwerden der Milch durch Abkochen, und Wildpret kann man im abgekochten Zustand lange geniefsbar erhalten. In ähnlichem Sinne können kühl gehaltene Speisekammern und Eisschränke den Fäulnisprozefs verzögern oder demselben vorbeugen.

Vielleicht eines der glücklichsten und fruchtbringendsten Resultate, das dem Studium des betrachteten Gegenstandes zu danken ist, ist die antiseptische Wundbehandlung, welche durch Sir John Lister zuerst ausgeführt wurde. Hierüber spricht sich Tyndall folgendermafsen aus:

„Man halte sich die Leiden gegenwärtig, welche diese winzigen, in der Luft umherschwebenden Organismen in geschichtlicher und vorgeschichtlicher Zeit über das Menschengeschlecht verhängt haben; man beachte den Verlust von Menschenleben in den Krankenhäusern infolge brandiger Wunden; man beachte vor allem den Verlust bei solchen Gelegenheiten, wo Verwundungen massenhaft vorkommen, es aber an Heilstätten mangelt, oder gar in der Zeit vor Errichtung derselben; man stelle sich das Morden vor, welches bisher dasjenige des Schlachtfeldes ablöste, wenn diese mikroskopisch kleinen Zerstörer zu wüten anfingen, wobei sie oft mehr Opfer forderten, als die Schlacht selbst; zu allem diesen füge man nun noch die weitere Erwägung, dafs zu Zeiten epidemischer Krankheiten eben diese flottierende Materie sich mit den eigentlichen Erregern der Epidemien vermischt und es so fertig bringt, Pestilenz und Tod über Nationen, ja ganze Kontinente zu verhängen — kurz, zieht man alles in Betracht, so wird man zu dem Schlufs gelangen, dafs alles Kriegsgemetzel, zehnfach genommen, einen ganz verschwindenden Teil gegenüber den Verwüstungen darstellt, die der Staub unserer Atmosphäre hervorbringt.[1])“

Wenn die organischen Keime durch Desinfizierung getötet sind, und darauf der Luftzutritt, oder besser der Zutritt des in der Luft befindlichen Staubes verhindert wird, so lassen sich die am meisten zur Fäulnis neigenden Substanzen unbegrenzt lange ohne das geringste Anzeichen von Verwesung aufbewahren.

Pasteur sowohl wie Tyndall haben diese Thatsachen überzeugend dargelegt, und zwar der erstgenannte, indem er calcinierte,

[1]) Tyndall, „Dust and Disease.“

d. h. durch eine rotglühende Röhre geschickte Luft mit leicht zersetzbaren Substanzen, wie Fleischextrakt, in Verbindung brachte, der letztere, indem er diese Stoffe in einem, auf seine Reinheit durch ein Lichtbündel geprüften, staubfreien Raume unterbrachte.



Fig. 4. **Tuberkel-Bacillen.**



Fig. 5. **Typhus-Bacillen.**

Auf die Beziehungen zwischen dem Staub und den epidemisch auftretenden Krankheiten haben wir bereits durch Citierung des Tyndallschen Werkes hingewiesen. Dieses Abhängigkeitsverhältnis dürfte aber nicht so klar auf der Hand liegen wie etwa dasjenige, welches zwischen eiternden Wunden und den Miasmen der Luft konstatiert worden ist. Da ist es nun wieder ein Forschungsergebnis

Pasteurs, welches uns eine Einsicht in diese Abhängigkeit vermittelt, — ein Forschungsergebnis, das, nebenbei bemerkt, eine der gröfsten Wohlthaten nach sich zog, die je ein Bürger seinem Vaterlande angedeihen liefs. In kurzen Worten handelte es sich um folgende Sache.

Vor etlichen Jahrzehnten wütete eine Krankheit unter den Seidenwürmern in den im Südosten Frankreichs gelegenen Seidenzucht-Distrikten. Von 130 Millionen Francs, welche im Jahre 1853 den Wert der produzierten Seide darstellten, sank dieser Wert im Jahre 1862 auf 30 Millionen Francs herab, und es war keine Aussicht für eine Abnahme des Übels vorhanden.

Der französische Ackerbauminister setzte 1863 eine Belohnung von 20000 £ für denjenigen aus, der ein Mittel zur Beseitigung der Plage ausfindig machen würde. Der am meisten heimgesuchte Distrikt war Alais, das Geburtsland des Chemikers Dumas, der mit Pasteur befreundet war und damals an denselben schrieb: „Ich lege hohen Wert darauf, dafs Sie Ihr Augenmerk auf eine Frage richten, welche mein armes Land so sehr interessiert. Das Elend übersteigt alle Begriffe.“ Im Juni 1865 gab Pasteur seine Stellung in Paris auf und begab sich in Begleitung seiner Frau nach Alais. Die Krankheit der Seidenraupe machte sich durch das Auftreten schwarzer Flecken bemerkbar. Überdies äufserte sie sich auch in dem verkrüppelten und ungleichen Wuchs der Raupen, in der Trägheit ihrer Bewegungen, dem Zurückweisen der Nahrung und endlich in frühzeitigem Absterben. Die schwarzen Flecken, welche unter der durchsichtigen Haut der Seidenraupe erschienen, wurden näher untersucht und erwiesen sich als kleine lebende Körperchen. Diese ergreifen allmählich von dem Darmkanal Besitz und breiten sich schliefslich unter Ausfüllung der Seidenkammern so sehr aus, dafs der Wurm, wenn die Zeit des Spinnens kommt, sich wohl automatisch dieser Thätigkeit hingiebt, ohne jedoch Seide zu erzeugen. Dies alles war längst bekannt, als Pasteur die Sache in die Hand nahm. Durch sorgfältige und beharrliche Anwendung des Mikroskops verfolgte er den Entwickelungsgang dieser verhängnisvollen Körperchen.

Das Leben der Seidenraupe ist ähnlich demjenigen einer gewöhnlichen Raupe. Wenn die Raupe aus dem Ei gekrochen ist, ist sie nicht viel gröfser als ein Stecknadelknopf; sie beginnt dann zu fressen und zu wachsen, wirft von Zeit zu Zeit ihre Haut ab, wenn das Kleid ihr zu eng wird. Hat sie eine Länge von beinahe zwei Zoll erreicht, so stellt sie plötzlich das Fressen ein und beginnt, nach-

dem sie sich einen passenden Platz ausgewählt hat, ein Seidengewebe um diesen zu spinnen.

In dem Seidencocon verpuppt bleibt das Tier nun eine Zeit lang im Raupenzustand, worauf es in Form eines Schmetterlings aus seinem

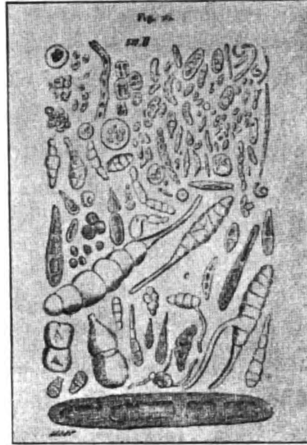


Fig. 6. **Pflanzen-Organismen in der Luft.**

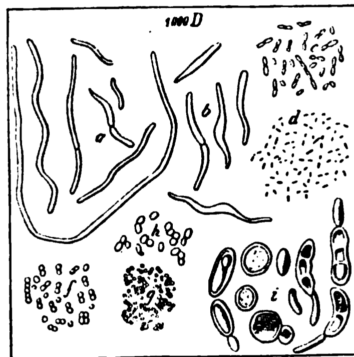


Fig. 7. **Atmosphärische Mikroben.**

Seidengefängnis herauskriecht. Die Schwierigkeit, an welcher alle bisherigen Untersuchungen scheitern mufsten, war nun folgende: Die Eier und die Raupe waren dem Anscheine nach kräftig und gesund, und trotzdem gingen aus den ersteren kranke Raupen, aus den letzteren, die gleichwohl ihre Seidencocons spannen, kranke Schmetterlinge beziehungsweise Eier hervor.

Pasteur stellte nun fest, dafs die erwähnten Körperchen im

Keime schon in den Eiern und Raupen vorhanden waren; in beiden Fällen entzogen sie sich jedoch wegen ihrer Kleinheit der genauen mikroskopischen Beobachtung. Mit dem Wachsen der Larve traten dann auch die Körperchen mehr und mehr hervor; in der Raupe waren sie bereits sichtbar, und in der Motte erschienen sie ganz unzweideutig. Eine kranke Motte legte dann wieder infizierte Eier, die bei der Kleinheit der Körperchen gesund erschienen. Überdies konnte eine kranke eine gesunde anstecken; wenn nämlich beide zusammen fraſsen, so wurden die Körperchen von der kranken auf die gesunde übertragen, und obwohl die infizierte Raupe unmittelbar keine Krankheitssymptome zeigte, ja sogar ihren Cocon spann und selbst der daraus hervorgegangene Schmetterling Eier legte, so trugen alle diese Eier doch den Krankheitsstoff in sich.

Anstatt nun, wie es bei den Seidenbauern Brauch war, die Eier für die nächste Jahresbrut von denjenigen Tieren auszuwählen, welche die gut geratenen Cocons überlebt hatten, wurden jetzt die Tiere mikroskopisch untersucht, und so lieſs sich das Vorhandensein der krankheitserregenden Körperchen unzweideutig feststellen. Die nunmehr allgemein von den Seidenzüchtern geübte Praxis besteht jetzt darin, daſs mit der mikroskopischen Untersuchung vertraute Frauen jede Motte, welche den Cocon verlassen hat, auf ihren Gesundheitszustand prüfen und nur die gesunden Motten zur Zucht beibehalten, nicht wie früher die Eier.

Hier haben wir also den ersten, deutlich zu Tage liegenden Zusammenhang zwischen lebenden Organismen und der Ursache der Krankheit, der Infektion und erblichen Übertragung. Die dauernden und anstrengenden mikroskopischen Arbeiten, durch welche Pasteur die Seidenindustrie Frankreichs wieder in die Höhe brachte, hatten leider zur Folge, daſs derselbe sich eine Gliederlähmung zuzog, von welcher er niemals ganz wiederhergestellt ward.

Unschwer lieſse sich nun eine ganze Reihe von weiteren Ergebnissen aufzählen, zu welchen diese groſse Entdeckung Pasteurs unmittelbare Veranlassung gegeben hat. Man fand unter anderem, daſs Krankheiten wie Tuberkulose, Diphtherie, Milzbrand, Lepra, Typhus, Starrkrampf u. s. w. ihre Ursache in der Existenz mikroskopisch kleiner Lebewesen haben (Fig. 4 und 5).

Wir haben diesen kleinen historischen Abriſs vorausgeschickt, um dadurch die groſse Bedeutung zu kennzeichnen, welche der genauen Bestimmung dieser meist unsichtbaren, die Luft bevölkernden organischen Keime nach Zahl und unterscheidenden Merkmalen bei-

zumessen ist, und dies mag auch als Entschuldigung dienen, wenn wir uns bei einem Gegenstand länger aufgehalten haben, der eigentlich ein wenig abseits von unserem Spezialthema „Die Luft der Städte“ liegt.

Untersuchen wir den Staub unter einem starken Mikroskop, so finden wir, dafs er sich aus den verschiedenartigsten Aggregaten zusammensetzt. Ist der gröfste Teil dieses Staubes auch schwerer als die Luft, was bei ruhiger Luft sofort seine Absetzung am Boden zur Folge hat, so besitzt derselbe doch eine so grofse Feinheit, dafs er meist nur dann wahrgenommen wird, wenn man ihn mit einer starken Lichtquelle erleuchtet. Können wir nun eine Vorstellung von dem Gewicht dieser kleinen Staubpartikelchen gewinnen? In der That, durch verschiedene Untersuchungen wurde festgestellt, dafs das Gewicht des in 100 Kubikfufs städtischer Luft enthaltenen Staubes über 1 Milligramm beträgt, und dafs auf einem Pariser Kirchhof 3638000 Staubkörnchen in einem Kubikzoll enthalten waren. Hieraus läfst sich berechnen, dafs über 40 Millionen Staubkörnchen 1 Grain (= 0,0648 Gramm) wiegen, und dafs diese einen Raum von 240 Kubikyard (= 220 Kubikmeter), d. h. einen Würfel von über 6 Yard (5,5 Meter) Seitenlänge anfüllen.

Wie verteilen sich nun diese Zahlenangaben auf die Sporen, den Blumenstaub, die Pilze und Schwämme der Luft, und wie auf die bakterienartigen Formen? Der Gehalt an organischen Bestandteilen der Luft auf dem Montsouris-Observatorium, welches am Aufsenrand von Paris liegt, bildete vor einer Reihe von Jahren Gegenstand einer eingehenden Untersuchung, welche Miquel angestellt hat. Hierbei verwendete derselbe besondere Aufmerksamkeit auf die Bestimmung der vegetabilischen Sporen, Pilze und Mikroben, welche sich in der Luft verschiedener Örtlichkeiten in den einzelnen Jahreszeiten vorfinden. Nicht nur, dafs er den Betrag der vegetabilischen Materie und der Mikroben in den Strafsen, Kirchen und Wohnräumen von Paris und Umgebung untersucht hat, er hat auch Proben aus den Pariser Kanälen und von der Höhe des Pantheons in Betracht gezogen, endlich sich auch mit dem Staub der Landstrafsen und Landhäuser, sowie mit den Ausdünstungen des ländlichen Dungbodens und der Begräbnisplätze beschäftigt, — kurz, wo überhaupt nur die Möglichkeit für die Existenz krankheitserregender Keime vorlag, hat er Untersuchungen angestellt. Ein jeder, der Miquels Werk „Les Organismes Vivants“ in die Hand zu nehmen Gelegenheit und Mufse hat, wird zweifellos Interesse an den Ergebnissen dieser mühevollen Arbeit und den sorgfältig verzeichneten

Thatsachen finden. Aber es würde zu weit führen und von dem Thema ablenken, wollten wir auch nur eine gedrängte Übersicht über diese Resultate geben; wir müssen uns schon auf die Luft der Städte beschränken, sowie auf die kleinen Organismen, welche diese in sich birgt. Über die pflanzlichen Keime können wir in aller Kürze hinweggehen; die Abbildung (Fig. 6) zeigt die gewöhnlichsten Formen derselben, wie sie auf dem Montsouris-Observatorium beobachtet wurden.

Die nun folgende Tabelle giebt nach **Miquel** die jährliche Durchschnittszahl der in einem Kubikfufs enthaltenen vegetabilischen

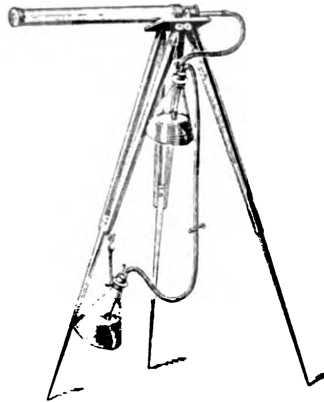


Fig. 8. **Apparat von Hefs.**

Staubpartikelchen, und zwar umfassen die Beobachtungen den Zeitraum von 1878 bis 1882:

Januar	200	Juli	786
Februar	200	August	677
März	155	September	450
April	212	Oktober	406
Mai	346	November	252
Juni	992	Dezember	200

Der Durchschnitt für das Land beträgt 200, für die Stadt 1000. Allerdings beziehen sich diese Angaben auf Paris, wo zahlreiche prächtige Parkanlagen vorhanden und die breiten Strafsenzüge mit Baumreihen besetzt sind. Wo weniger für Anpflanzungen gesorgt ist, wie in vielen anderen Städten, dürfte diese Zahl wahrscheinlich weit unter derjenigen des freien Landes bleiben.

Nun endlich kommen wir zu den kleineren Bewohnern der Luft — zu den Mikroben und Bakterien. Einige sehr oft vorkommende

Formen derselben, die man unter einem starken Mikroskop wahrnimmt, sind in der Abbildung (Fig. 7) dargestellt.

Es sind das kugelförmige und langgezogene Körper, flechtenartige Fasern, runde Flecke und kurze gewundene Stäbe. Hefezellen kommen darin ebenfalls oft vor. Sie vermehren sich reifsend schnell; bei den Bakterien wird die Mutterzelle in zwei oder mehrere neue Zellen geteilt, und diese unterliegen dann wiederum einer weiteren Teilung.

Es dürfte von Interesse sein, zu erfahren, wie man diese meist unsichtbaren Keime der Luft gezählt hat. Obwohl ein solcher Keim für sich nur bei sehr starker Vergröfserung wahrgenommen werden kann, so erzeugt derselbe doch, sobald er auf einen günstigen Nährboden fällt, sofort eine Kolonie, die ohne Schwierigkeit etwa in Form eines Schimmelflecks sichtbar wird. Eine dieser Methoden, welche von dem deutschen Bakteriologen Hefs herrührt, ist in der nebenstehenden Abbildung (Fig. 8) dargestellt.

Der Apparat besteht aus einer Glasröhre, die mit Nährgelatine ausgekleidet ist. Die Röhre ist zunächst durch Hitze sterilisiert worden, und dann ist ein bestimmtes Luftvolumen langsam hineingeblasen worden, was mittelst zweier mit Wasser gefüllter Flaschen, die gehoben und gesenkt werden können, bewerkstelligt wird. Schliefslich ist die Röhre unter solchen Bedingungen aufgestellt, die der Keimentwickelung möglichst günstig sind und den Zutritt des Staubes von aufsen verhindern. Dort, wo ein Keim niedergefallen ist, wird nun sofort ein Pilzfleck erscheinen, und ein solcher Fleck bezeichnet die Residenz eines einzelnen ursprünglichen Keimes.

Die folgende Abbildung (Fig. 9) zeigt uns das Aussehen der Glasröhre bei drei Experimenten, die in einem Schulraum angestellt wurden. Die erste Untersuchung (unterste Reihe) wurde vorgenommen, bevor die Schüler versammelt waren, die zweite zur Mittagszeit und die dritte nach Schlufs der Schule.

Man ist ganz überrascht von der grofsen Mannigfaltigkeit dieser winzigen Lebewesen, und die Schwierigkeit, sie zu unterscheiden, wird durch den Umstand gesteigert, dafs dieselben je nach der Beschaffenheit des Nährbodens, auf dem sie wachsen, in verschiedenen Gestaltungen erscheinen. Wenn sie von Fleischbrühe genährt sind, erscheint die Bildung anders, als wenn gewisse Saftarten ihre Nahrung waren. Es erscheint kaum zweifelhaft, dafs die Anzahl der Species eine sehr grofse ist. Bezüglich ihrer Funktionen ist

überdies noch sehr wenig bekannt; soviel ist aber sicher, dafs nur einige von ihnen Krankheiten erzeugen können. Gleichfalls fest steht, dafs eine grofse Anzahl derselben, wenn sie Tieren eingeimpft werden, sich völlig harmlos verhalten. Dafs diese Harmlosigkeit einem nützlichen Zweck dient, indem die Bakterien faulige Stoffe beseitigen, also gewissermafsen als Gassenkehrer für den sich in der Welt umhertreibenden Ansteckungsstoff wirken, scheint nicht ganz unbeweisbar, indessen ist dieser Gegenstand noch nicht spruchreif und gehört zu denjenigen Fragen, über welche sicherlich einmal der Fortschritt der bakteriologischen Forschung neues Licht verbreiten wird. Die folgende Tafel giebt nach Miquel das Verhältnis der Staubteilchen,

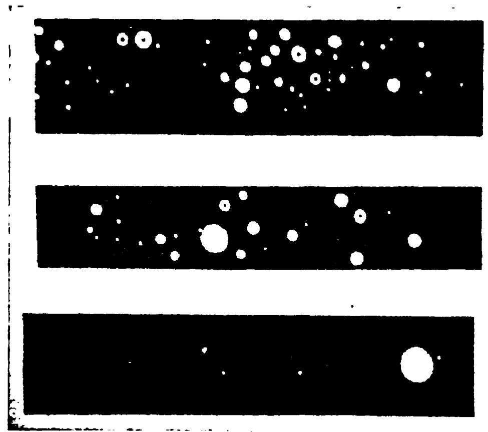


Fig. 9. **Mikroben in der Luft eines Schulraums.**

Sporen etc. und Bakterien, welche in einem Kubikfufs städtischer und ländlicher Luft enthalten sind:

	Gesamtmittel der Staubteilchen	Sporen u. s. w.	Bakterien in 1 Kubikfufs
Landluft	864 000 000	200	2
Stadtluft	6000 000 000	1000	20

Die Zahlen stellen Jahresmittel dar; dieselben unterliegen jedoch beträchtlichen Schwankungen, welche durch die verschiedenen Jahreszeiten bedingt sind.

Der schraffierte Teil des Diagramms (Fig. 10) stellt die Anzahl der Bakterien dar, die punktierte Linie dagegen die Temperatur während der verschiedenen Monate der Jahre 1879—1882.

Die Zahl der Bakterien verläuft offenbar nicht proportional mit der Temperaturänderung. Vergleichen wir nun aber den Regenfall mit der Zahl der Mikroben, so bemerken wir auf einmal eine bedeutende Abnahme. Der Regen treibt sie offenbar zur Erde nieder, doch werden sie keineswegs dadurch zerstört. Die Feuchtigkeit scheint ihre Vermehrung vielmehr zu beschleunigen, denn gleich nach dem Regen findet eine rapide Steigerung statt. Wenn trockenes Wetter lange Zeit anhält, fällt dagegen ihre Zahl; sie sterben dann ab. Auf der Abbildung (Fig. 11) stellt der schraffierte Teil die Anzahl der Bakterien und die Linie den Regenfall während der Jahre 1879 bis 1880 dar.

Die Anzahl der Mikroben in den Strafsen von Paris beträgt im

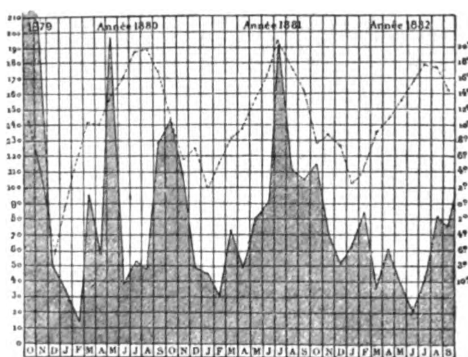


Fig. 10. **Wechsel der Bakterien-Anzahl mit der Temperatur.** (1880—82, Miquel.)

Mittel 21 bis 22 pro Kubikfufs, und dies stimmt mit demjenigen überein, was Professor Carnelly in den Strafsen von Dundee gefunden hat, nämlich 20 pro Kubikfufs. Aufserhalb von Paris fällt die Zahl auf 2 herab, während Carnelly im Schmutze geräumiger Häuser 3,430 und Miquel in einem etwas vernachlässigten Garnisonlazarett 3,170 pro Kubikfufs fand. Der Einflufs der Bevölkerungsdichte auf die Vermehrung der Mikroben-Anzahl wird durch die folgende Kartenskizze von Paris (Fig. 12) dargestellt, auf welcher die Zahl der in einem Kubikmeter Luft enthaltenen Mikroben nach Beobachtungen zu Montsouris vermerkt ist, während die daneben befindlichen Pfeile die Windrichtung bezeichnen.

Man ersieht hieraus, dafs die gröfste Anzahl von Mikroben vorhanden ist, wenn der Wind die Stadt passiert hat, die kleinste, wenn er direkt vom Lande kommt — das ist in Bezug auf die Lage des Montsouris-Observatoriums von Süden her.

Die Zahl 21 bis 22 für die Strafsen von Paris ist nur ein ungefähres Mittel. Bei trübem, staubigem Wetter, dem Regen folgt, kann die Zahl bis zu 150 ansteigen. Direkt nach Wind und Regen kann sie im Mittel auf 6 pro Kubikmeter herabsinken.

Man kann nicht überrascht sein, dafs bei einer Reinigung der Luft durch Regen der in den Rinnsteinen angesammelte Kot als Sammelort für Mikroben dienen mufs, ja der Strafsenschmutz ist noch

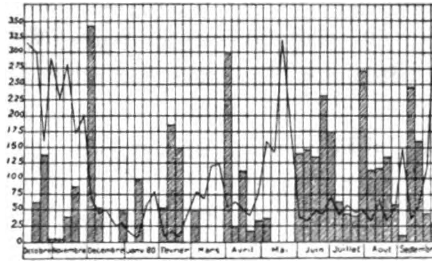


Fig. 11. **Wechsel der Bakterien-Anzahl mit dem Regen.** (1879—80, Miquel.)

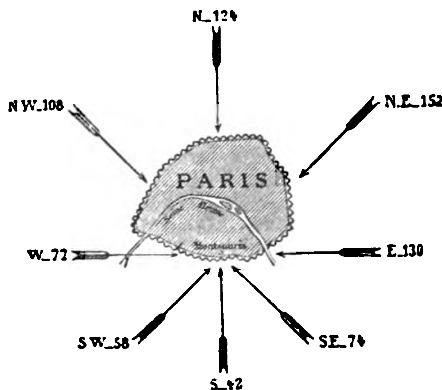


Fig. 12. **Einflufs der Windrichtung auf die Zahl der Mikroben.**

mehr als dies: er bietet Nahrung für ihr Weitergedeihen dar, er ist die grofse Quelle, aus der die Verschleppung der Bakterien erfolgt. Wenn wir unsere Fenster öffnen und an einem trockenen, windigen Tage einen Luftzug durch das Zimmer streichen lassen, so müssen wir des Besuches aller dieser kleinen winzigen Gäste gewärtig sein. Man hat die Anzahl der Mikroben, die in einem Grain Pariser Luft enthalten ist, zu 84 240 gefunden; es ist dies nahezu das Doppelte der Anzahl, die in dem gleichen Staubquantum am Aufsenringe der Stadt sich vorfindet.

Können wir unter diesen Umständen uns wundern, dafs der in den Häusern sich ansammelnde Staub fast genau so mit lebender Materie durchsetzt ist, wie der Strafsenstaub, nämlich nach Miquel 64 000 in einem Grain enthält? Es dürfte deshalb ganz verständlich erscheinen, dafs wir bei solch einem Ansturm eigentlich unsere Fenster geschlossen halten müfsten. Ein Moment Überlegung jedoch wird, wie ich glaube, die Schwierigkeit lösen. Wir wissen ja gar nicht, bis zu welchem Grade diese Mikroben schädlich sind, wohl aber wissen wir sehr genau, bis zu welchem Mafse die Zufuhr frischer Luft für die Erhaltung der Gesundheit notwendig ist. Sorgen wir also für frische Luft, doch halten wir thunlichst unsere Wohnungen frei vom Staub. Bei ruhiger Luft setzen sich die Mikroben mit grofser Geschwindigkeit am Boden ab; dies erweist sich sofort, wenn man sich einige hundert Fufs über den Erdboden erhebt. An ein und demselben Tage fand Miquel auf der Spitze des Pantheons im Durchschnitt weniger als 1 im Kubikfufs; zu Montsouris $1^1/_2$, und in den Strafsen von Paris über 12. In einer Höhe von mindestens 1000 Fufs beträgt die Anzahl kaum den sechzehnten Teil von derjenigen, welche am Erdboden gefunden wird. In den Hochalpen verschwinden die Bakterien vollständig, wie es die Untersuchungen von Pasteur und Tyndall darthun. Haben wir also Bedürfnis nach frischer Luft, so wissen wir, wo wir uns hinzubegeben haben. Wir müssen die Spitzen der Berge ersteigen. Einen Begriff von der mächtigen Armee der Mikroben, welche beständig gegen eine grofse Stadt anmarschiert kommt, gewinnt man aus der für Paris berechneten Zahl, nämlich 40 000 Millionen täglich. Es ist dies eine Zahl, die sich bildlich etwa durch die Vorstellung veranschaulichen läfst, dafs die Mikroben von 11 Gallonen (50 l) in vollem Fäulniszustand befindlicher Brühe täglich kommen und wieder verschwinden.





Das System der Sterne im grofsen Bären. In dem bekannten Sternbilde des grofsen Bären besitzen die fünf hellen Sterne β, γ, δ (Megrez), ε (Alioth) und ζ (Mizar) jährliche scheinbare Eigenbewegungen, die einander ähnlich sind, namentlich in Rektaszension nicht viel von einander abweichen. Ferner haben die spektroskopischen Messungen am Potsdamer astrophysikalischen Observatorium über die Bewegung der Sterne in der Gesichtslinie zur Erde bei diesen fünf Sternen Beträge für jene Bewegung ergeben, die einander fast gleich sind und einen Durchschnittswert von etwa 30 km per Sekunde für diese Sterne liefern. Diese beiden Thatsachen liefsen die Vermutung gerechtfertigt erscheinen, dafs die faktische Bewegung der fünf Sterne im Weltraume nicht unabhängig von einander erfolgt, vielmehr eine physische Zusammengehörigkeit der Sterngruppe vorhanden ist. Vor einiger Zeit hat nun F. Höfler versucht, zu der Bestimmung einer ungefähren mittleren Parallaxe des besagten Sternsystemes zu gelangen, indem er einige plausible Voraussetzungen macht, wie, dafs die Bewegung der einzelnen Sterne parallel zu einander erfolgt und von gleich grofser Geschwindigkeit ist. Die mittlere Parallaxe ergab sich zu $0''0165 \pm 0''0011$; dies entspricht der Distanz von $12\frac{1}{2}$ Millionen Erdbahnhalbmessern, oder das Licht würde, um von den Sternen zur Erde zu gelangen, fast 200 Jahre brauchen. Die beiden äufsersten Sterne β und ζ scheinen der Erde näher zu stehen, in einer Distanz von 4 Millionen Erdbahnradien. Die Höflersche Untersuchung bestätigt auch, was sehr wichtig ist, die Zusammengehörigkeit der fünf Sterne; die Bewegung geht nämlich in ein und demselben gröfsten Kreise vor sich, die Sterne befinden sich also in einer Ebene und bewegen sich in dieser weiter. Ein Zusammenhang mit anderen Sternen war bei den 5 Sternen, abgesehen von dem kleinen Doppelsterne Alkor, der dicht bei Mizar (ζ) steht, nicht zu konstatieren, obwohl Höfler die im weiteren Umkreise

um das Sternbild situierten Sterne bei seiner Rechnung zugezogen hat. Die Sterngruppe (und vielleicht das ganze Sternbild) ist also ein System für sich, und die 5 Sterne, welche von der Erde aus nur als Sterne der zweiten und dritten Gröfsenklasse erscheinen, sind in Wirklichkeit ungeheure, gewaltige Sonnen, da ein Vergleich mit der Lichtstärke des Sirius, wenn man die verschiedenen Entfernungen des letzteren und der Sterne berücksichtigt, ergiebt, dafs die Lichtstärke der Sterne im grofsen Bären eine wahrscheinlich vierzigmal gröfsere als die des Sirius ist. *



Französische astronomische Gesellschaft.

Die im Jahre 1887 gegründete Société astronomique de France hat, wie der neueste Ausweis dieser Gesellschaft zeigt, eine sehr günstige Entwickelung genommen. Die anfänglich bescheidene Zahl von 90 Mitgliedern ist mit Schlufs des Jahres 1897 auf 1812 gestiegen. Darunter befindet sich eine Reihe von angesehenen Mitgliedern der Pariser Akademie der Wissenschaften. Für die steigende Bedeutung der Vereinigung spricht auch, dafs von den bekannteren ausländischen, also an nichtfranzösischen Sternwarten thätigen Astronomen derzeit schon über 40 der Gesellschaft als Mitglieder angehören. Präsident der Société ist gegenwärtig Cornu. *



Pariser astronomische Preise. Von den im Jahre 1897 ausgeschriebenen Preisen hat die französische Akademie der Wissenschaften folgende zuerkannt: Den Prix Lalande dem Kometenentdecker Perrine vom Lickobservatorium für die Entdeckung von 5 Kometen in den letzten drei Jahren, den Prix Damoiseau dem Prof. Hermann Struve in Königsberg. Struve hat am grofsen Refraktor in Pulkowa neue Beobachtungsreihen der Planetenmonde geliefert und die Bewegungstheorie dieser Körper ganz vorzüglich gefördert; namentlich hat er die hauptsächlichsten Ungleichungen des Saturnringes und der Saturnsatelliten, der Marsmonde und des Neptunsatelliten bestimmt, aufserdem unsere Kenntnis der Bahn des Hyperion, des äufsersten der Saturnmonde, erweitert und hierdurch zum Teil die von der Pariser Akademie auf die Vervollkommnung der Theorie dieses Himmelskörpers gesetzte Preisfrage gelöst. Der Prix Valz endlich wurde Louis Fabry in Marseille zugesprochen. Fabry ist durch

die Entdeckung eines Kometen und durch seine Studien über den Ursprung der Kometen bekannter geworden. — Für das Jahr 1899 hat die Pariser Akademie den Prix Damoiseau auf die Herstellung der Theorie eines periodischen Kometen ausgeschrieben, dessen Rückkehr schon mehre Mal beobachtet worden ist. *



Das erste Meteor-Spektrum ist in Arequipa bei den Sternspektralaufnahmen des Henry Draper Memorial am 18. Juni 1897 photographiert worden. Obgleich bei Gelegenheit gewöhnlicher photographischer Himmelsaufnahmen des öfteren schon Meteore ihren leuchtenden Weg eingezeichnet hatten, war doch auf den Tausenden von Platten, die mit dem Objektivprisma aufgenommen waren und von Mrs. Fleming sorgfältig untersucht wurden, bisher noch niemals ein Meteor von solcher Helligkeit erschienen, dafs es trotz der Ausbreitung des Lichtstreifs in ein farbiges Band einen Eindruck auf der Platte hätte zurücklassen können. Dies ist nun aber am 18. Juni geschehen, und E. C. Pickering berichtet in den „Astronomischen Nachrichten" (No. 3461) über die interessanten Einzelheiten dieses Spektrums. Dasselbe besteht aus sechs hellen Linien, deren Helligkeit in den verschiedenen Teilen der Bahn beträchtlich verschieden ist, was mit dem häufig flackernden Aussehen der nur mit dem Auge beobachteten Meteore zusammenstimmt. Vier von den sechs Linien des Meteor-Spektrums sind allem Anschein nach die Wasserstofflinien H_β bis H_ε, eine fünfte Linie ist vermutlich mit einer bei Sternen vom fünften Typus vorkommenden Bande identisch, und entsprechendes gilt vielleicht auch von der schwächsten, kaum wahrnehmbaren Linie mit der Wellenlänge 4195. Bemerkenswert ist, dafs von den vier Wasserstofflinien nicht H_β wie bei γ Cassiopejae die hellste ist, sondern H_γ, wie es bei Mira Ceti und zahlreichen anderen Veränderlichen von langer Periode der Fall ist. Vielleicht werden sich auf Grund dieser Ähnlichkeit Rückschlüsse ziehen lassen in Bezug auf die Temperatur- und Druck-Verhältnisse in den Atmosphären dieser veränderlichen Sterne mit hellen Linien. — Bei dem grofsen Gesichtsfeld der jetzt von Pickering zu seinen Spektralaufnahmen verwandten Linsen (dieselben bilden eine Fläche von 10 Quadratgraden ab) steht zu erwarten, dafs ähnliche, glückliche Zufälle sich in Zukunft öfter ereignen werden, sodafs nunmehr auch die nur flüchtig, für Augenblicke am Himmelsgewölbe erscheinenden meteorischen Objekte sich der spektralanalytischen Untersuchung nicht mehr gänzlich werden entziehen können. F. Kbr.

Mittlere Erhebung der Landflächen und Masse der Meere der Erde.

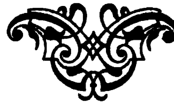
Über das Areal und die mittlere Erhebung der Landflächen unseres Kontinents sowie über die mittlere Tiefe der Meere des Erdbodens liegen neuere Untersuchungen von H. Wagner vor; derselbe gelangte für die Kontinente und Meere zu den in den folgenden beiden Tabellen dargestellten Zahlenwerten:

I.

	Fläche Mill. qkm	Mittl. Höhe m	Kubikinhalt 1000 cbkm
Europa mit Polarinseln ohne Kaukasien . . .	10.0	300	3 000
Australien und Polynesien	8.9	300	2 670
Südamerika	17.8	650	11 570
Afrika mit Madagascar	29.8	650	19 370
Nordamerika mit Grönland	24.1	700	16 870
Asien mit Inseln und Kaukasien	44.2	950	41 990
oder:			
Australien	8.9	300	2 670
Afrika	29.8	650	19 370
Amerika	41.9	680	28 440
Eurasien	54.2	830	44 990

II.

	Fläche Mill. qkm	Mittl. Tiefe m	Volumen Mill. cbkm
Weltmeere mit Nebenmeeren	348.8	3 610	1259,17
Unbekanntes arktisches Meer	4.4	300	1,32
Unbekanntes antarktisches Meer	12.3	1 500 (Max.)	18,45
Gesamtes Weltmeer . .	365.5	3 500	1279





L. Zehnder: Die Mechanik des Weltalls. Verlag J. C. B. Mohr, Freiburg i. Br. 1897.

Dieses Buch bildet unter den in der Gegenwart sich mehr und mehr häufenden Versuchen, das Wesen der physikalischen Kräfte aus einer und derselben Grundursache zu erklären, eine sehr beachtenswerte Erscheinung. Der Verfasser versucht die Aufstellung eines mechanischen Systemes auf Grund der Ätherhypothese. Es werden zuerst die Eigenschaften des freien, gasförmig gedachten Weltäthers betrachtet. Die Ätheratome stellen elastische Kügelchen vor, welche sich mit sehr grofser Geschwindigkeit in gradlinigen Bahnen bewegen. Znsammenstöfse, Drehungen der Atome um ihre Schwerpunktaxen und Schwingungen um ihre Gleichgewichtsfigur sind die Folge; das eine Resultat dieser Bewegungen sind Wellenbewegungen des Äthers (Licht), das andere die zitternde Bewegung, bestehend im Hin- und Herzucken der Ätheratome (Elektrizität). Darauf geht der Verfasser auf die Erörterungen über die wägbare Materie ein und betrachtet demgemäfs zuerst die Atome, die in den Äther eingestreut sind. Die Masse dieser Atome ist jener der Ätheratome weit überlegen, demnach werden die Ätheratome von ihnen angezogen und lagern sich um die wägbaren Atome als Ätherhüllen. Je nach den relativen Geschwindigkeiten der ursprünglichen Bewegung und den Richtungen derselben haften nach den Zusammenstöfsen die wägbaren Atome aneinander oder werden in Schwingungen versetzt oder prallen von einander ab. Je zwei sich berührende bilden ein Molekel. Die Molekel unter sich werden durch die Affinität (Gravitation und Ätherdruck) zusammengehalten. Cohäsion ist der Widerstand bei Trennung von Molekeln gleicher Substanz, Adhäsion jener bei Molekeln verschiedener Substanz. Die Molekel durchfliegen den freien Ätherraum mit sehr grofsen Geschwindigkeiten, sie stofsen in allen möglichen Richtungen aufeinander, es entstehen blofse Rotationen der Molekel sowohl wie Schwingungen und Rotationen, desgleichen in ihren Ätherhüllen. Wärme ist die Energie der Bewegung der Molekel und ihrer Atome. Der Aggregationszustand eines Körpers ist ein fester, wenn die Molekel desselben keine Bewegung zu einander mehr haben; Wärmezufuhr teilt den Molekeln eine Anfangsgeschwindigkeit mit, die Molekel des Körpers geraten in eine Bewegung, der Körper dehnt sich aus. Bei weiterer Wärmezufuhr wird die Gleichgewichtslage der Molekel aufgehoben, Verdampfung tritt ein. Kann unter dem Einflusse des Sättigungsdruckes die Wärme so lange zugeführt werden, bis die Trennung der Molekel erfolgt, so gelangt der Körper in den Zustand der Schmelzung. — Nachdem der Verfasser in der angedeuteten Weise eine Erklärung der verschiedenen Eigenschaften der Körper, Flüssigkeiten und

Gase durchgeführt hat, wendet er sich nun zur Betrachtung des Verhaltens zusammengesetzter Molekel. Er versucht zuerst, über die Gestalt der Molekel und die Lagerung ihrer Atome zu allgemeinen Sätzen zu gelangen. Dann definiert er das Licht als das Resultat der verwickelten Schwingungsbewegungen, welche die zusammengesetzten Molekel auszuführen gezwungen sind. Die in den Spektralapparaten uns sichtbar werdenden verschiedenen Spektra der Stoffe sind gesetzmäfsig abhängig von je einer bestimmten Zahl von Atomschwingungen und ihrer Stärke. Beim Eindringen von Licht in manche Körper wird ein Teil der Atomschwingungen durch die Molekel des Körpers aufgehoben (Absorption des Lichtes), oder auch ganz in Molekularbewegung umgesetzt (Phosphorescenz und Fluorescenz). Undurchsichtigkeit der Körper ist gleich vollständiger Absorption des Lichtes. Doppelbrechung in festen Körpern entsteht, wenn die Molekel durch Kristallisation in bestimmten Lagen festgehalten sind, wodurch nur Ätherschwingungen in bestimmten Richtungen unter dem Einflufs der Elastizität des Körpers zu stande kommen können, also die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes variiert werden mufs. Der Verfasser wendet sich hierauf zur Erklärung der elektrischen Kräfte und sucht die sich hier darbietenden Erscheinungen (Reibungselektrizität, galvanische und Thermoströme u. s. w.,) in ähnlicher Weise darzustellen. Er berührt so gut wie alle Kapitel der Physik; selbst für die Röntgenstrahlen wird eine Erklärung geliefert. Es sei nur noch der Definition über den Magnetismus gedacht. Magnetismus kann nur bei einzelnen Materien vorkommen, wenn die Atome dieser Materien eine solche Art von Beweglichkeit besitzen, dafs ihre Ätherhüllen durch das Auftreffen der anprallenden freien Ätheratome nur in einer bestimmten Richtung hin in Rotation versetzt werden. Im Eisenkörper werden durch den so entstehenden Elementarstrom die Magnetatome „gerichtet". Im harten Eisen verharren die magnetischen Molekel nach dem „Richten" gröfstenteils in der erreichten neuen Lage (permanenter Magnetismus), beim weichen Eisen jedoch kehren die magnetischen Molekel, sobald der „richtende" Strom aufhört, wieder in die frühere Lage zurück (temporärer Magnetismus) u. s. w. Die zweite Hälfte des Buches ist ausführlichen kosmogonischen Betrachtungen über die Entstehung der Erde, die Bildungsweise der Sonne und des Mondes, das Zustandekommen der Kometen, des Zodiakallichtes u. m. a., gewidmet. Wir würden den Raum für ein Referat über das Buch weit überschreiten müssen, wollten wir die Ideen des Verfassers hier wiedergeben. An einer anderen Stelle dieses Blattes wollen wir deshalb über die bemerkenswertesten Ansichten des Verfassers Bericht erstatten. F. K. Ginzel.

W. Marshall: Die deutschen Meere und ihre Bewohner. Kleine Ausgabe. Leipzig, A. Twietmeyer, 8°, 395 Seiten.

Das vorliegende Buch giebt in handlicher Form einen Auszug aus dem bekannten gröfseren Werke desselben Verfassers, in genau der gleichen Anordnung des Stoffes wie jenes, d. h. es bespricht in einer Reihe von Kapiteln die pflanzlichen und tierischen Bewohner unserer Meere, unter Beiseitelassung alles streng wissenschaftlichen anatomischen, systematischen und sonstigen Beiwerks, und es eignet sich infolgedessen vorzüglich für solche Leser, die zur Erholung unsere Seebäder besuchen und einen offenen Sinn für die Natur mitbringen. Denjenigen Käufern, die durch das Studium dieses Auszuges zur Anschaffung des ausführlicheren Werkes veranlafst werden, erbietet sich der Verlag zum Umtausch unter Anrechnung des vollen Ladenpreises auf die grofse Ausgabe, deren Preis in gutem Einbande 28 Mark beträgt. K.

Verzeichnis der der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Annales de l'observatoire d'Astronomie physique de Paris. Parc de Meudon (Seine-et-Oise), publiées par J. Janssen. Tome premier. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

Annuaire de l'observatoire royal de Belgique. 1898, 65. année. Bruxelles, 1898.

Astronomischer Kalender für 1898. Herausgegeben von der k. k. Sternwarte zu Wien. Wien, Gerold's Sohn.

Brenner, L., Spaziergänge durch das Himmelszelt. Astronomische Plaudereien mit besonderer Berücksichtigung der Entdeckungen der letzten Jahre. Mit 7 Tafeln und 23 Textbildern. Leipzig, Ed. H. Mayer.

Fortschritte der Physik im Jahre 1896. Dargestellt von der physikalischen Gesellschaft. 52. Jahrgang II. Abteilung: Rich. Börnstein. Physik des Äthers. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1897.

Glazebrook, R. T., Das Licht. Grundrifs der Optik für Studierende und Schüler. Deutsch herausgegeben von Dr. E. Zermelo. Mit 134 Figuren im Text Berlin, S. Calvary & Co., 1897.

Hammer, Dr. E., Lehrbuch der ebenen und sphärischen Trigonometrie. Zweite umgearbeitete Auflage. Stuttgart, Metzlerscher Verlag, 1897.

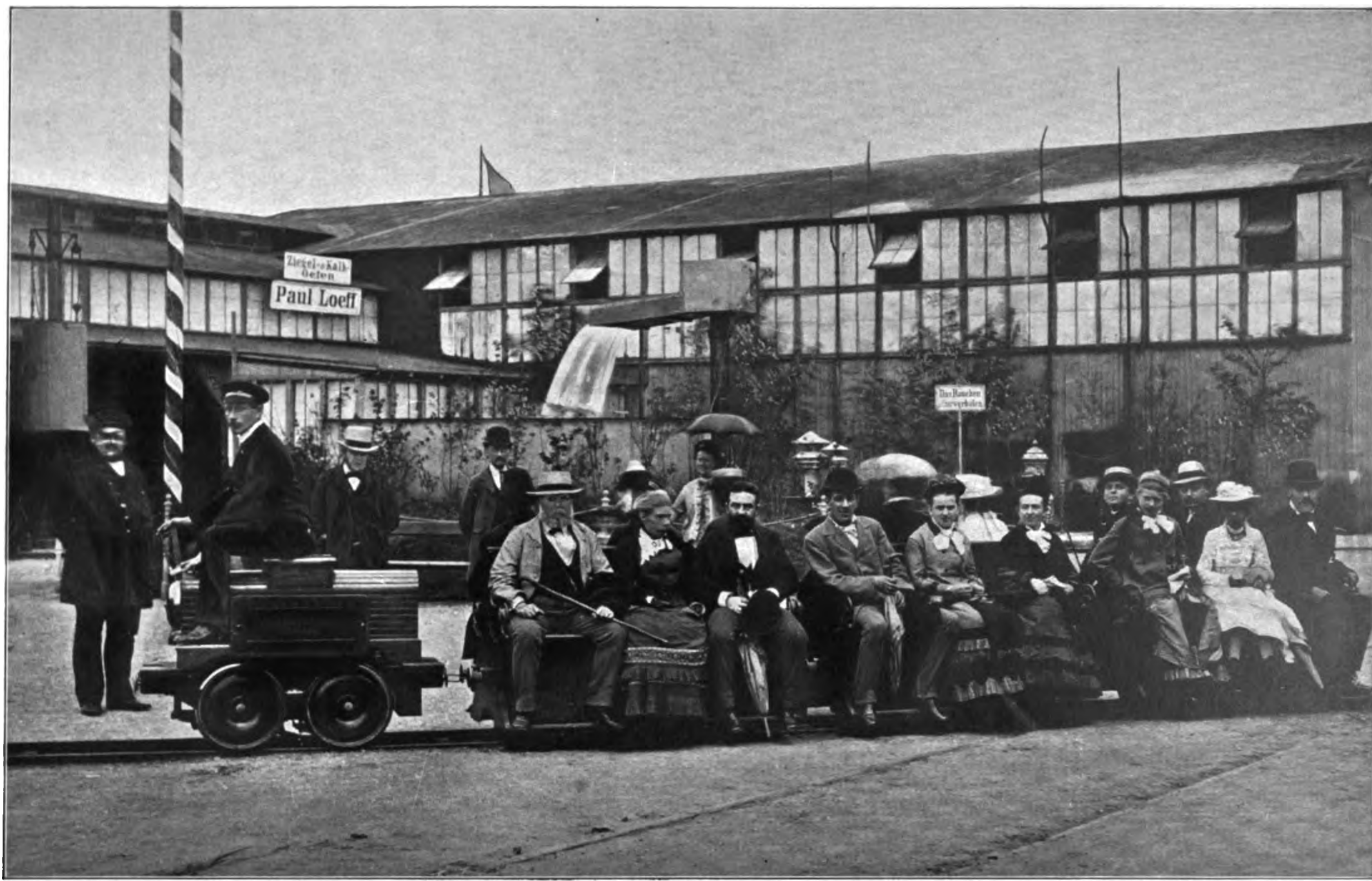
Klein, H. J., Astronomische Abende. Allgemein verständliche Unterhaltungen über Geschichte und Ergebnisse der Himmelserforschung. Vierte völlig umgearbeitete Auflage. Mit fünf Tafeln. Leipzig, Ed. H. Meyer, 1897.

Meyer, M. Wilh., Das Weltgebäude. Eine gemeinverständliche Himmelskunde. Mit 287 Abbildungen im Text, 10 Karten und 31 Tafeln in Farbendruck, Heliogravüre und Holzschnitt von Th. Alphons, H. Harder, W. Kranz, G. Witt u. a. Leipzig, Bibliographisches Institut, 1898.

Wundt, Wilh., Vorlesungen über die Menschen- und Tierseele. Dritte umgearbeitete Auflage. Hamburg, Leopold Voss, 1897.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Erste elektrische Bahn der Welt auf der Gewerbe- und Industrie-Ausstellung zu Berlin 1879.



Über elektrische Bahnanlagen.

Von Regierungs-Baumeister **Braun** in Berlin.

Geschichtliche Entwickelung.

Noch nicht zwei Jahrzehnte sind seit den von Werner von Siemens im Jahre 1879 gelegentlich der Berliner Gewerbe-Ausstellung vorgeführten erfolgreichen Versuchen über die Anwendung der elektrischen Zugkraft für Bahnen verflossen, und schon heute hat dieselbe, dank dem regen Schaffensgeiste und der unermüdlichen Arbeitskraft der Elektrotechniker und dank dem lebhaften Interesse, das allerorts dieser neuen, in den Dienst der Menschheit gestellten Betriebskraft entgegengebracht wird, eine derartige Bedeutung erlangt, dafs sie das Strafsenbahnwesen fast vollständig beherrscht und bereits im Begriff ist, in das Vorort- und Grofsbahnwesen einzudringen, um hier der Dampflokomotive ihre noch nicht $^3/_4$ Jahrhundert alte Herrschaft streitig zu machen.

Diese rasche Entwickelung der elektrischen Strafsenbahnen erklärt sich ohne weiteres aus den zahlreichen Vorzügen, welche dieselben vor anderen Beförderungsmitteln in gröfseren Städten besitzen. Denn die elektrischen Strafsenbahnen befördern schnell, bequem und billig, passen sich leicht dem übrigen Strafsenverkehr an und werden aufserdem hygienischen und ästhetischen Rücksichten gerecht.

Vorzüglich vermitteln die Strafsenbahnen bis heute noch die Personenbeförderung. Sie gehören zu den Kleinbahnen, deren hauptsächlichste Aufgabe darin besteht, in Ergänzung und im Anschlufs an Grofsbahnen innerhalb kleinerer Gebiete als Verkehrs- und Beförderungsmittel zu dienen. Nach ihrem Zweck können demzufolge die Strafsenbahnen sowie die Kleinbahnen überhaupt mit leichteren

Fahrzeugen und mit geringerer Geschwindigkeit als die Grofsbahnen befahren werden. Sie sind daher billiger herzustellen und vermögen ihre Linienführung den örtlichen Verhältnissen besser anzupassen.

Die erste Strafsenbahn wurde im Jahre 1832 in New-York erbaut. In Deutschland kam dieses Beförderungsmittel erst im Jahre 1865 durch die Pferdeeisenbahn von Berlin nach Charlottenburg zur Anwendung. Bis zum Jahre 1880 benutzte man als Zugkraft für die Strafsenbahnen in der Hauptsache nur die Dampf- und Pferdekraft, doch vermochten beide Betriebsarten dem Strafsenbahnwesen keine wesentliche Entwickelung zu verschaffen. Wenn nun diese in den beiden letzten Jahrzehnten bedeutend schneller als vorher vorgeschritten ist, so mufs als Hauptgrund hierfür die neue Betriebskraft, die Elektrizität, angesehen werden, welche, jetzt zur Anwendung gekommen, ihren Siegeszug beginnen sollte.

Dieser Umschwung im gesamten Strafsenbahnwesen ist vorzüglich auf das Verdienst des Dr. Werner von Siemens zurückzuführen, der im Jahre 1867 den letzten Schritt zur Entwickelung des dynamo-elektrischen Prinzipes gethan und hierdurch die neue reiche Quelle der Elektrizität, die der mechanischen Erzeugung, erschlossen hatte. Er, der Begründer des Hauses Siemens & Halske, war es, der im Jahre 1879 zum ersten Male bei Gelegenheit der Berliner Gewerbe-Ausstellung die Elektrizität als Zugkraft praktisch verwertete. Nicht geringes Aufsehen erregte damals die kleine elektrische Lokomotive, die mit einigen leichten Wägelchen über den Ausstellungsplatz dahinlief, wobei sie ihre Kraft mittelst einer Mittelschiene einer Dynamomaschine entnahm.

Dieselbe elektrische Bahn wurde darauf im folgenden Jahre auf der Gewerbe-Ausstellung zu Düsseldorf, später in Wien, Frankfurt a. M. und in Breslau vorgeführt. Überall bildete sie einen der interessantesten Ausstellungsgegenstände, überall wurde die neue Betriebsart mit gleicher Freude begrüfst, so auch auf der Weltausstellung in Paris im Jahre 1881, wo die Firma Siemens & Halske eine Strafsenbahn von dem Place de la Concorde nach dem Palais de l'industrie erbaut hatte. Hier wurde zum ersten Male die oberirdische Stromzuführung angewendet, bei welcher die Stromleitung aus einer seitlich an der Bahn an Holzsäulen aufgehängten geschlitzten Kupferröhre bestand.

Inzwischen hatte Werner von Siemens längst die Schwierigkeiten erkannt, welche die Stromzuführung bei Strafsenbahnen zu

ebener Erde hervorrief. Sein geniales Erfindungstalent führte ihn daher zu dem Entwurfe einer elektrischen Hochbahn für Berlin, die dem Zuge der Leipziger- und Friedrichstrafse folgen sollte. Zur Unterstützung der Längsträger waren hierbei Säulen nach Art der New-Yorker Hochbahn neben den Bordsteinen in der Laternenflucht in Aussicht genommen; die Strom-Zu- und Rückleitung war dabei durch die Fahrschienen vorgesehen. Schon im Jahre 1880 trat die Firma Siemens & Halske mit einem derartigen Entwurfe an

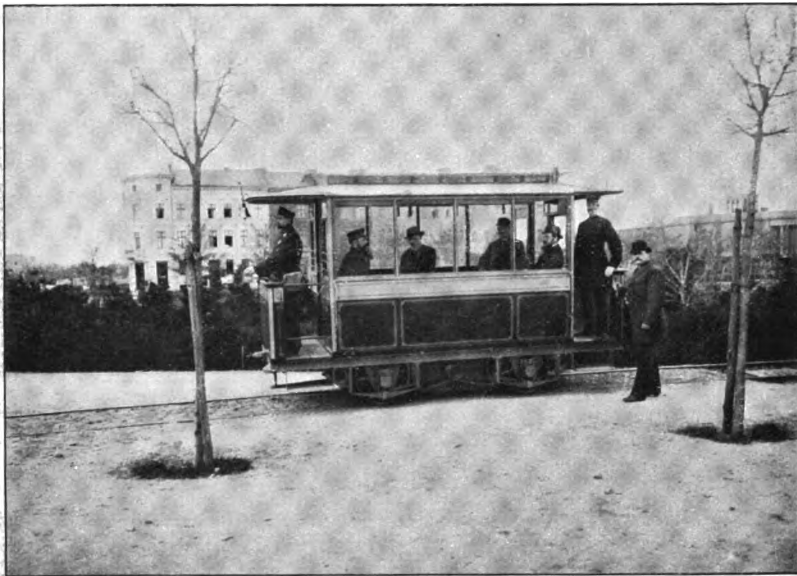


Fig. 1. Erste öffentliche elektrische Personenbeförderungsbahn der Welt. 1881.

die Öffentlichkeit, doch scheiterte dieser kühne Entwurf an dem Einspruch der Hausbewohner. Die Frucht dieses Gedankens sollte jedoch nicht verloren gehen, wie dies durch die im Süden Berlins zur Zeit in Ausführung begriffene Hochbahn derselben Firma bewiesen ist.

Da dieses Hochbahnprojekt damals nicht zur Ausführung gelangte, sah sich Werner von Siemens veranlafst, an einer zu ebener Erde liegenden Strafsenbahn nachzuweisen, dafs die neue Betriebskraft sowie die Stromzuführung mittelst der Schienen allen Anforderungen eines regelmäfsigen und dauernden Betriebes gewachsen sei. So kam es denn, dafs am 16. Mai 1881 die nach obigem Prinzip eingerichtete elektrische Strafsenbahn vom Anhalter Bahnhof in Grofs-Lichterfelde bei Berlin bis zur

Haupt-Kadetten-Anstalt eröffnet und dem allgemeinen Personenverkehr übergeben wurde. Werner von Siemens sagte bei Eröffnung der Bahn selbst: „Sie darf nicht als Muster einer elektrischen Bahn zu ebener Erde betrachtet werden, sie ist vielmehr als eine von ihren Säulen und Trägern herabgenommene Hochbahn aufzufassen."

Diese erste öffentliche elektrische Strafsenbahn ist somit die älteste aller elektrischen Strafsenbahnen der Welt. (Fig. 1.)

Die glänzenden Erfolge, die Werner von Siemens bei Ausführung der ersten elektrischen Bahnen aufzuweisen hatte, bildeten für ihn ganz natürlich einen Ansporn zur weiteren Vervollkommnung seiner Schöpfung. Es folgten im Jahre 1882 die bemerkenswerten Versuche auf den Gleisen der Pferdeeisenbahn von Charlottenburg nach dem Spandauer Bock, auf welcher Bahn starke Steigungen zu überwinden waren. Neben den Gleisen befand sich eine doppelte Drahtleitung an Masten für Zu- und Rückleitung des Stromes. Der Strom selbst wurde von der Leitung mittelst eines achträdrigen Kontaktwagens den Motoren der Wagen übermittelt. (Fig. 2.)

Alsdann wurden in den Jahren 1882 und 1883 zwei Grubenbahnen im Königlichen Steinkohlenbergwerk Zaukerode und im Salzbergwerk Neu-Stafsfurt in Betrieb gesetzt.

Hierauf folgte in demselben Jahre die Praterbahn in Wien, bei der, ebenso wie bei der Grofs-Lichterfelder Bahn, die Stromleitung durch die Schienen bewirkt war. An den Wegeübergängen hatte man zu diesem Zweck die Schienen sorgfältig isoliert und auf der übrigen gesamten Bahnstrecke eingefriedigt. Ferner wurde am 22. Oktober 1883 die Strafsenbahn von Mödling bei Wien nach Vorderbrühl, 1884 die von Sachsenhausen nach Offenbach und am 1. Mai 1885 die Verlängerung der Mödlinger Bahn nach Hinterbrühl eröffnet. Letztere drei Bahnen sind heute noch in unveränderter Form im Betrieb.

Um dieselbe Zeit war zu Portrush in Irland, durch Siemens Brothers zu London die erste elektrische Strafsenbahn gebaut.

Bisher war es somit fast ausschliefslich die Firma Siemens & Halske und das Londoner Haus gewesen, die sich mit der neuen Erfindung befafst und, der Zeit und deren Bedürfnissen vorauseilend, an der Vervollkommnung und der Einführung des elektrischen Betriebes auf Strafsenbahnen gearbeitet hatten.

In Nord-Amerika hatte man bis zum Jahre 1883 der Ausführung

elektrischer Bahnen wohl weniger Gewicht beigelegt, denn erst in diesem Jahre finden wir auf der Ausstellung von Chicago eine ähnliche Versuchsbahn, wie sie hier schon im Jahre 1879 vorgeführt war. Im darauf folgenden Jahre 1884 wurde alsdann die erste Strafsenbahn mit elektrischem Betriebe gebaut und zwar von Windsor nach Baltimore. Dort in Nord-Amerika war der neue Gedanke auf fruchtbaren Boden gefallen. Der schlechte Zustand der Strafsen, die grofse Ausdehnung der Städte und Industriegebiete, das Streben der Bewohner nach Zeitausnutzung, die geringe Mühe, welche die

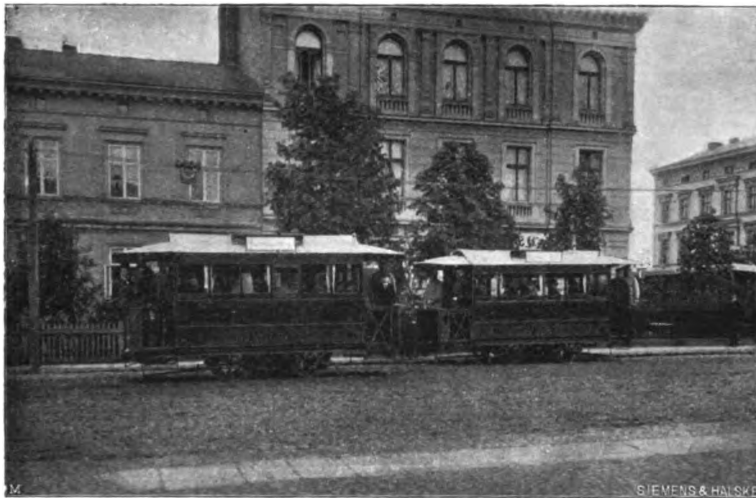


Fig. 2. **Versuche für oberirdische Stromzuleitung auf der Strafsenbahn Westend-Spandauer Bock bei Berlin 1882.**

Konzessionserlangung verursachte, machten es der neuen Betriebskraft möglich, hier eine raschere Entwickelung zu nehmen und binnen kurzem alle anderen Betriebsarten zu überflügeln.

Zur Beurteilung des aufserordentlich raschen Aufschwunges der elektrischen Betriebskraft für elektrische Bahnen in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika mögen folgende Zahlen dienen:

Die Zahl der Pferdebahnen im Jahre 1887 ist von 566 auf 167 im Jahre 1897 zurückgegangen; dabei hat sich die Betriebslänge von 3700 km auf 1620 verringert und die Anzahl der Wagen von 21736 auf 3664. Demgegenüber zeigen die elektrischen Bahnen ein Anwachsen der Gesellschaften von 21 im Jahre 1887 auf 698 im Jahre 1897, wobei die Betriebslänge der Bahnen von 137 km auf 21 750 km und die Wagenzahl von 172 auf 37097 gestiegen ist.

Auch in Europa hat das elektrische Strafsenbahnwesen in den letzten Jahren einen gröfseren Aufschwung genommen. Die Zahl der bei Beginn des Jahres 1896 im Betrieb befindlichen Linien ist bis zum 1. Januar 1897 von 111 auf 150 und ihre Gesamtlänge von 902 auf 1859 km gestiegen. An der Spitze steht Deutschland mit 642 km Bahnlänge und 1631 Motorwagen.

Einrichtung elektrischer Strafsenbahnen.

Hinsichtlich des Betriebes können bei den elektrischen Strafsenbahnen in der Hauptsache zwei Systeme unterschieden werden. Bei dem einen System stehen alle Wagen durch eine Leitung in fortwährender Verbindung mit einem Kraftwerk, aus dem ihnen der zur Fortbewegung nötige elektrische Strom mittelst dieser Leitung beständig zugeführt wird, so dafs die Wagen nur die zur Umsetzung des elektrischen Stromes in mechanische Arbeit erforderliche Maschine mit sich zu führen brauchen. Hierher gehören die elektrischen Strafsenbahnen mit unterirdischer und oberirdischer Stromzuführung.

Bei dem anderen System, bei welchem die Wagen mittelst Akkumulatoren betrieben werden, entnimmt jeder Wagen vor der Fahrt von dem Kraftwerk die erforderliche Betriebskraft und führt diese in einer elektrischen Batterie, aufser dem energieumwandelnden Motor, mit sich.

Keinem Zweifel unterliegt es, dafs ein Betrieb elektrischer Bahnen bei Anwendung der letzteren Betriebsart, bei der jeder Wagen seine Betriebskraft mit sich führt, an und für sich Vorzüge vor dem Betriebe mit fortwährender Stromzuleitung besitzt, denn die Abhängigkeit der Wagen untereinander und von dem Kraftwerk, die Schwierigkeiten der Stromzuführung bei Eisenbahnen von bedeutender Länge kommen bei Akkumulatorenbahnen ganz in Wegfall. Nichtsdestoweniger sind bisher die Akkumulatorenbahnen seltener ausgeführt worden, da es bis heute noch nicht gelungen ist, einen elektrischen Kraftsammler herzustellen, der allen Anforderungen des Strafsenbahnbetriebes in vollkommener Weise entspricht, der die Mängel der bisherigen Sammler vermeidet, wie grofses Gewicht, eine im Verhältnis dazu geringe Leistung und Dauerhaftigkeit, bedeutende Beschaffungskosten, einen verhältnismäfsig geringen Nutzeffekt und die Notwendigkeit sorgfältiger Behandlung beim Laden und Entladen der Zellen. Aus diesen Gründen konnten für Bahnen mit gröfseren Steigungen solche Sammler-Wagen mit wirtschaftlichem Vorteil bis-

her nicht verwendet werden. Auch sind die Betriebskosten in Folge der genannten Nachteile noch so bedeutend, dafs die Anwendung der Akkumulatoren bis jetzt eine beschränkte geblieben ist.

Wenn es auch in neuerer Zeit gelungen ist, die Sammler zu verbessern und ihr Gewicht im Verhältnis zur Leistung zu vermindern, so haben dennoch diese Versuche bisher zu einem vollständig befriedigenden Ergebnis nicht geführt.

Die elektrischen Strafsenbahnen mit ununterbrochener Kraftzuführung von einer Krafterzeugungsstätte aus, können, wie schon erwähnt, in solche mit unterirdischer und in solche mit oberirdischer Stromzuführung eingeteilt werden.

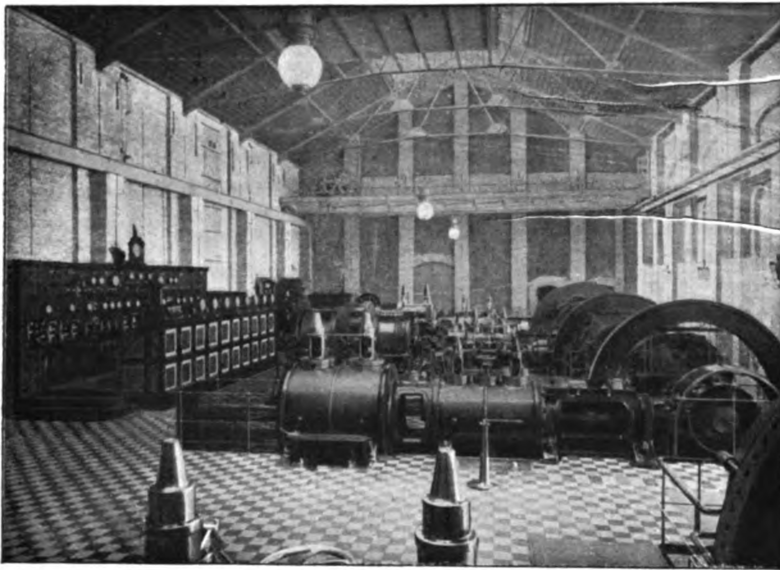


Fig. 3. **Maschinenraum des Kraftwerks in der Pálffygasse in Budapest.**

Bei allen elektrischen Eisenbahnen mit oberirdischer Stromzuführung wird in einem Kraftwerk die elektrische Kraft erzeugt und von dem einen Pol der Dynamomaschine aus durch eine oberirdische, an Querdrähten oder Auslegern aufgehängte Drahtleitung über das ganze Bahnnetz verteilt. An jeder Stelle der Bahn können somit die Motorwagen mittelst Stromabnehmer der Leitung Strom entnehmen und zu ihrer Fortbewegung ausnutzen. Die Rückleitung des Stromes zum anderen Pol der Dynamomaschine erfolgt meistens durch die Fahrschienen, seltener durch eine zweite oberirdische Leitung.

Hiernach sind die wesentlichen Teile einer derartigen elektrischen Eisenbahn: die Gleise, die oberirdische Stromzuführung, das Kraftwerk und die Wagen.

Die Gleise. Für die Gleise einer elektrischen Strafsenbahn werden in der Regel Stahlschienen von hoher Festigkeit verwendet, in deren Köpfen für die Spurkränze der Wagenräder eine durchlaufende Rille gebildet ist.

Die Stromzuführung. Über der Mitte eines jeden Gleises der Bahnlinie werden eine oder zwei Arbeitsleitungen gespannt, Hartkupferdrähte von nur 8 mm Durchmesser, von denen die Motorwagen mittelst Stromabnehmer den erforderlichen Strom abnehmen. Die Arbeitsleitung ist entweder mittelst Stahldrahtes an gegenüberstehenden Masten oder Häusern aufgehängt oder mittelst eiserner Ausleger an seitlich von den Gleisen aufgestellten Masten befestigt. Die Arbeitsleitung ist in Strecken eingeteilt, welche von einander isoliert werden können, und deren jede durch Blitzschutzapparat mit selbstthätiger Funkenlöschung gegen Blitzgefahr geschützt ist. Die Trennung zweier Leitungsstrecken von einander geschieht durch Ein- und Ausschalter, die an den Leitungsmasten oder den Häusern in verschlossenen Kästen angebracht sind und durch zwei Drähte mit den beiden Teilen der Leitung in Verbindung stehen.

Als Leitungsmaste werden verzierte Stahlrohrmaste und zwar sowohl geschweifste Rohre als auch die bekannten Mannesmannrohre ohne Schweifsnaht, einfachere eiserne Gitter- oder imprägnierte Holzmaste verwendet.

Die Stromerzeugungsstätte. Zum Betriebe der den elektrischen Strom erzeugenden Dynamomaschinen werden je nach den örtlichen Verhältnissen Dampfmaschinen, Gasmaschinen oder Turbinen verwendet.

Die Dampfmaschinen werden mit den den elektrischen Strom erzeugenden Dynamomaschinen meistens direkt gekuppelt. Diese Dynamomaschinen sind wegen der gröfseren Sicherheit gegen den Rückstrom für gewöhnlich Nebenschlufsmaschinen, die kleinen zwei- oder vierpolig, die gröfseren sechs- und mehrpolig. Die Stromabnahme erfolgt durch Kohlenbürsten. Der Strom erhält eine Spannung von 500 bis 550 Volt. Volt- und Ampèremeter dienen zur Messung, Bleistreifen zur Sicherung, Schalthebel und selbstthätige Sicherheitsausschalter zum Ein- und Ausschalten des Stromes. (Fig. 3.)

Sämtliche Vorrichtungen sind für gewöhnlich auf einem im Maschinenhause angebrachten Schaltbrett vereinigt.

An das Maschinenhaus schliefst sich in der Regel ein Kesselhaus an, in dem die für die Erzeugung des Dampfes erforderlichen Kessel aufgestellt sind. (Fig. 4.)

Die Wagen. Die Bauart der elektrischen Motorwagen lehnt sich, abgesehen von den elektrischen Teilen, an die übliche Bauart der Strafsenbahnwagen an. Sie sind teils mit einem, teils mit zwei Motoren ausgerüstet und zwei- oder vierachsig (mit zwei zweiachsigen Drehgestellen) ausgeführt. (Fig. 5—9.)

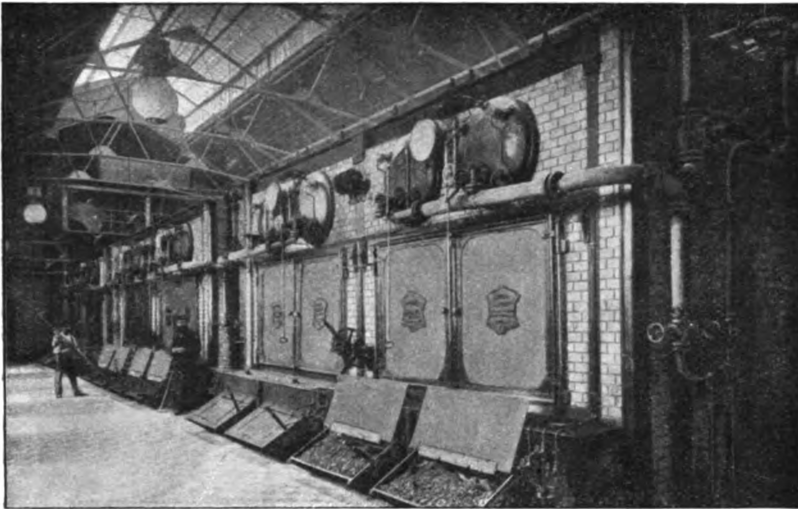


Fig. 4. **Kesselhaus des Kraftwerks in der Pálffygasse in Budapest.**

Das System der unterirdischen Stromzuführung hat in der jüngsten Zeit vielfache Umänderungen und Verbesserungsvorschläge erfahren, doch haben alle diese Versuche, die mit den verschiedenen Neu-Konstruktionen unterirdischer Stromzuführung gemacht worden sind, trotz der grofsen Anstrengungen bisher nur zu einem geringen Ergebnis geführt. Von den vielen neuen Systemen derartiger unterirdischer Stromzuleitungen sind nicht zehn auch nur zur Anwendung gelangt. Scheidet man von diesen noch diejenigen aus, die bisher überhaupt nicht auf längere Zeit im Betrieb für Strafsenbahnen verwendet worden sind, so bleiben nur zwei Systeme der unterirdischen Stromzuführung übrig, nämlich das Schlitzkanal-System und das Teilleitersystem.

Bei dem Teilleitersystem werden einzelne, in der Strafsendecke und gegen diese sowohl wie gegen einander isolierte stromlei-

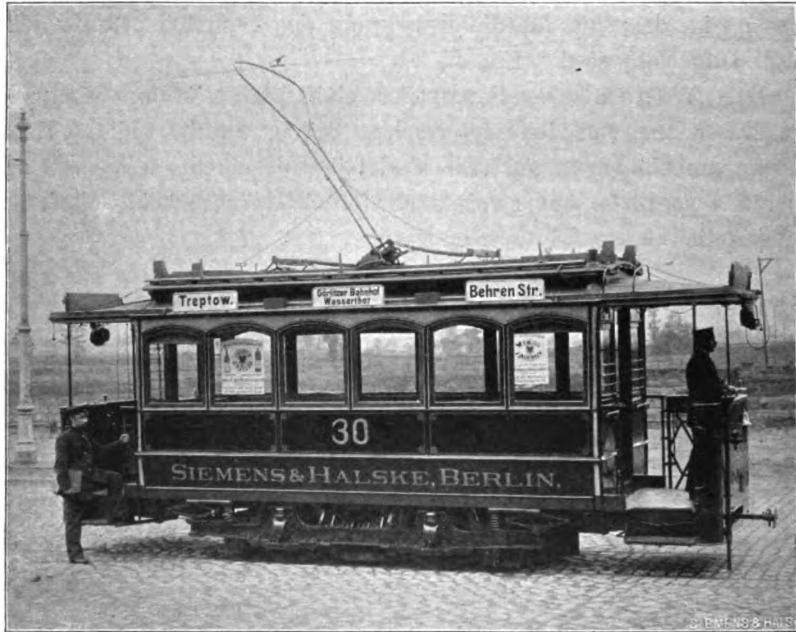


Fig. 5. Zweiachsiger mit 2 Motoren ausgerüsteter Strafsenbahnwagen der Linie Berlin (Behrenstr.) — Treptow.

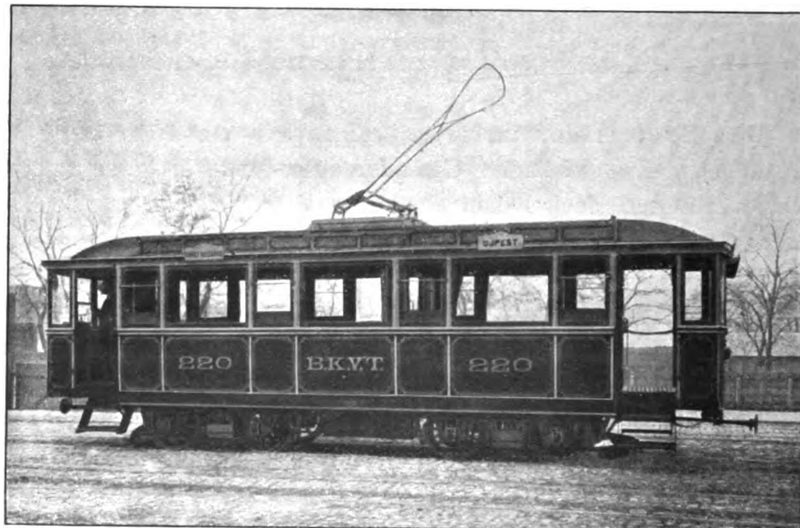


Fig. 6. Vierachsiger mit 2 zweiachsigen Drehgestellen versehener und mit 2 Motoren ausgerüsteter Wagen der Budapester Strafsenbahnen.

tende Strecken durch den Motorwagen selbst während der Fahrt in die Stromleitung ein- und bei der Weiterfahrt wieder ausgeschaltet. Dieses System hat bisher trotz vielfacher Versuche und Ausführungen einen dauernden Erfolg nicht zu erringen vermocht. Es hat zwar an und für sich etwas Bestechendes, wenn sich die ganze Stromleitung nur in einigen eisernen Kontaktplatten bemerkbar macht, die nur wenig aus dem Strafsenpflaster herausstehen und die Fahrbahnfläche nicht mit einem Spalt durchbrechen. So einfach aber auch diese Art der Stromleitung erscheint, so haben sich doch beim Betriebe eine Reihe von Erscheinungen gezeigt, die nicht allein Betriebsstörungen verur-

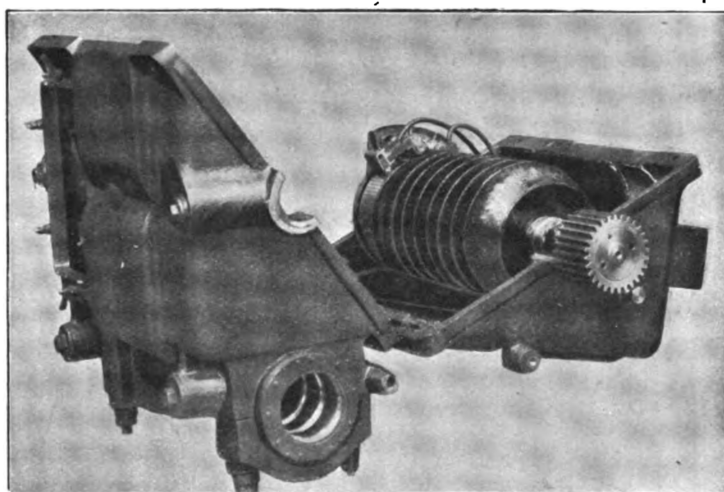


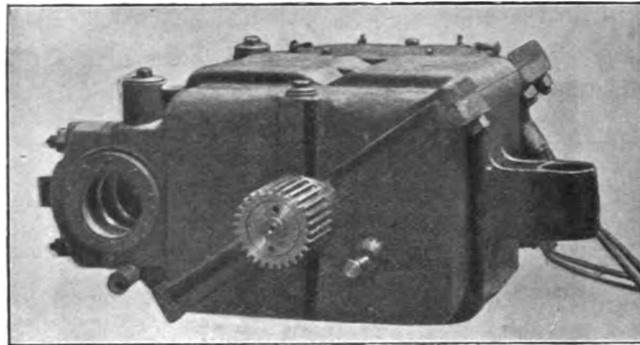
Fig. 7. **Vierpoliger Strafsenbahn-Elektromotor in geöffnetem Zustande.**

sachten, sondern auch die auf dem Fahrdamm sich bewegenden Menschen und Tiere gefährdeten, wie die jüngst in München und Paris vorgekommenen Unglücksfälle beweisen. Nach dieser Seite hin bedarf somit dieses System, das am längsten in Paris betrieben wird, ohne Zweifel mancher Verbesserungen.

Das zweite System dagegen, das Schlitzkanalsystem, vermeidet die Mängel des Teilleitersystems. Hierbei sind die Stromleitungen in einen Kanal unter der Erdoberfläche verlegt und für den übrigen Verkehr auf der Strafse unzugänglich gemacht, so dafs Berührungen von Menschen und Tieren mit der Stromleitung niemals stattfinden können.

Im Gegensatz zu der häufig ausgeführten oberirdischen Stromzuführung besitzt das Schlitzkanalsystem den Vorteil, dafs alle Teile

der oberirdischen Stromzuführung, wie Maste, Querdrähte und Wandhaken aufserhalb der Strafsenoberfläche in Wegfall kommen. Aufserdem ist aber durch die einfache Möglichkeit einer billigen Anordnung einer von der Erde isolierten Stromrückleitung die Sicherheit gegeben, den Strom auf vorgeschriebenen Wegen zu leiten, und so am besten vagabondierende Ströme zu vermeiden.



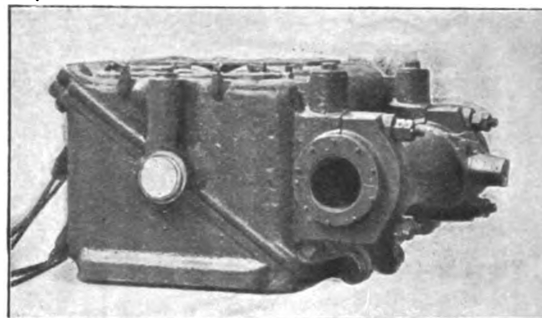


Fig. 8 u. 9. **Vierpolige Strafsenbahn-Elektromotoren in geschlossenem Zustande.**

Die bei den Konstruktionen der oberirdischen Stromzuführung von dieser zu befürchtenden Schäden für den Fernsprech- und Telegraphenverkehr, für wissenschaftliche Instrumente, Wasser-, Gas- und Kanalisationsröhren sind demnach beseitigt, ein Umstand, der Bedenken, wie sie zum Teil mit Recht gegen die oberirdische Stromzuführung geltend gemacht werden, von vornherein ausschliefst.

In neuerer Zeit ist vielfach versucht worden, Verbesserungen an diesem Schlitzkanalsystem vorzunehmen, doch haben alle diese Konstruktionen zu einem neuen System nicht geführt. Sie beruhen durchweg auf dem ersten und glücklichen Gedanken, den die Berliner Firma Siemens & Halske in Budapest bereits seit dem Jahre 1889

bei Ausführung der dortigen Stadtbahnlinien zur Verwirklichung gebracht und den dieselbe Firma, gestützt auf die reichen Erfahrungen, die sie mit dieser ersten Anordnung der unterirdischen Stromzuführung gewonnen hatte, beim Ausbau des Strafsenbahn-Netzes in Budapest und beim Ausbau ihrer Strafsenbahnlinie in Berlin von der Behrenstrafse nach Treptow verwertet hat. Dieses unterirdische Stromzuführungssystem hat sich bereits seit mehr als 8 Jahren in Budapest bei den ungünstigsten Witterungsverhältnissen und seit mehr

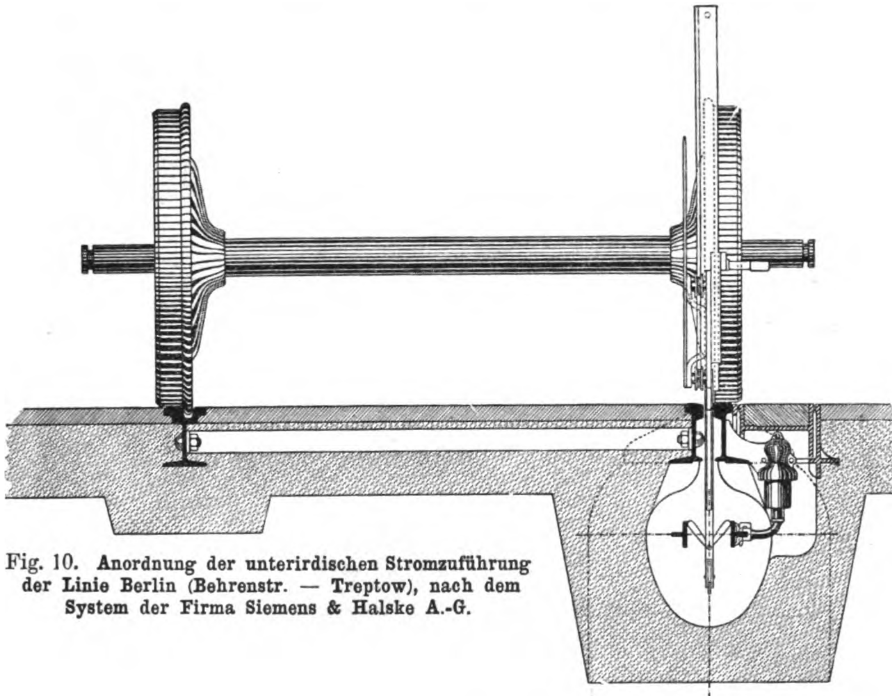
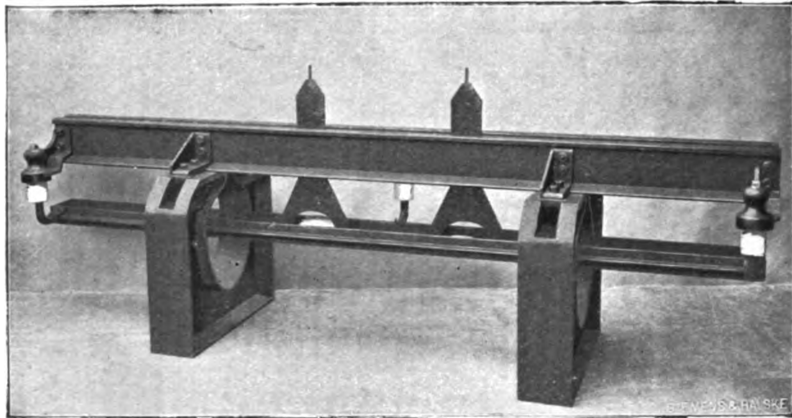


Fig. 10. Anordnung der unterirdischen Stromzuführung der Linie Berlin (Behrenstr. — Treptow), nach dem System der Firma Siemens & Halske A.-G.

als anderthalb Jahr in Berlin trotz der überaus grofsen Schneefälle des Winters 1896/97 dauernd und mit gutem Erfolge bewährt. (Fig. 10—12.)

Bei diesem System von Siemens & Halske befindet sich der Kanal mit den Leitungen unter der einen Fahrschiene, deren Spurrille mit den Öffnungen des Kanals zusammenfällt, so dafs wie beim gewöhnlichen Gleis nur 2 Rillen die Strafse durchschneiden. Die eine Fahrschiene des Gleises ist die gewöhnliche Rillenschiene; die andere, auf dem Scheitel des Kanals gelegen, besteht aus 2 gleichen Schienen von besonderem Querschnitt, die zwischen sich den erwähnten Schlitz frei lassen. Diese Doppelschiene ruht auf gufseisernen Böcken, die mit 2 Armen das eiförmige Kanalprofil umfassen, gleichzeitig aber auch dem Kanal als Rippen dienen. Die Strom-

leitungsschienen, von denen die eine für die Hin-, die andere für die Rückleitung des elektrischen Stromes dient, bestehen bei der älteren Ausführung aus <-Eisen, bei der neueren aus ⊣-Eisen. Sie sind an den Stofsstellen leitend verbunden und liegen beide vollkommen geschützt unter den Fahrschienen, so dafs sie von oben durch den



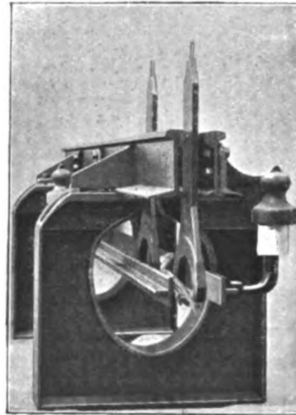


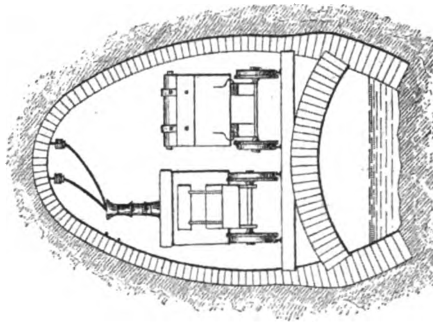
Fig. 11 u. 12. **Seiten- und Vorderansicht eines Modells der unterirdischen Stromzuführung nach dem System der Firma Siemens & Halske A.-G.**

Schlitz weder gesehen noch berührt werden können. Dabei sind sie so hoch über der Kanalsohle angeordnet, dafs das im Kanal sich etwa ansammelnde Tagewasser, welches im übrigen durch Anschlufsschächte bequem in die städtische Kanalisation abgeführt wird, unter den Leitungen abziehen kann, ohne sie zu berühren. Die Befestigung der Leitungsschiene geschieht mittelst Isolatoren an den Schienenstegen.

Durch die Anordnung zweier im Kanal einander gegenüberliegender Stromleiter ist neben dem Schutz gegen vagabondierende Ströme eine grofse Sicherheit des Betriebes erreicht, denn durch etwa eintretende Isolationsfehler der einen Leitung erfolgt noch nicht eine dauernde Unterbrechung des Betriebes, da in einem solchen Falle einpolig, das heifst mit einer isolierten Leitung gefahren werden kann, wobei die andere Leitungsschiene während dieser Zeit an der Erde liegt. Auch ermöglicht die zweipolige Anordnung die Ausbesserung von Fehlern bei Tage und ohne Störung des Betriebes, so dafs die Anwendung eines besonderen Stromleiters für den Rückstrom mindestens die doppelte Sicherheit gegenüber dem sonst in Deutschland verwendeten einpoligen System bietet, zumal auch Kurzschlüsse erst eintreten können, wenn zufällig in beiden Leitungen gleichzeitig schlechte Isolation gegen die Erde entstehen sollte.

Auf dieser Sicher-

Querschnitt



Längenschnitt

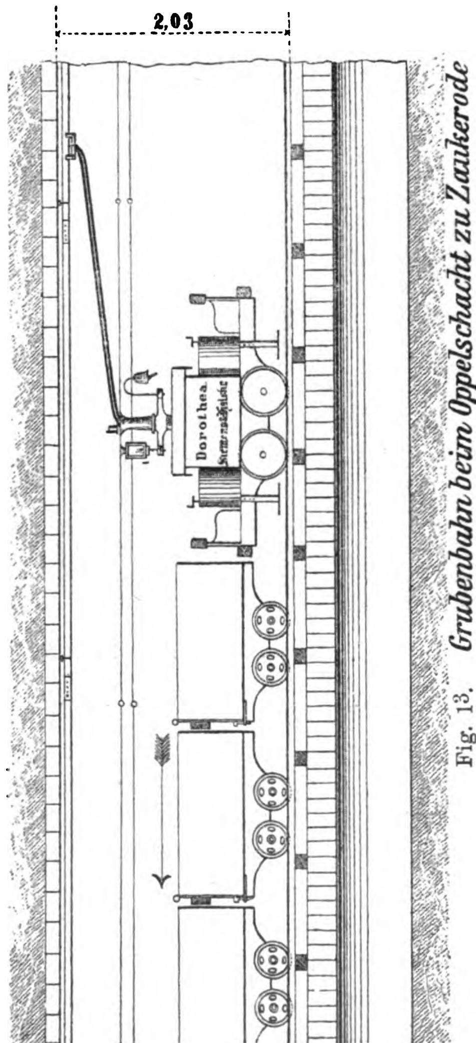


Fig. 13. Grubenbahn beim Oppelschacht zu Zaukerode

heit und auf der sorgfältigen Durchbildung der Isolation beruht auch wohl der Erfolg dieses Systems.

Die Konstruktion der Kreuzungen und Weichen ist bei diesem System derart einfach gewählt, dafs auch das Befahren dieser Stellen anstandslos vor sich geht. Die Länge der dabei entstehenden stromlosen Stücke der Leitungen ist gegenüber den früheren Ausführungen von 2 m Länge bei dem neuen verbesserten und durch Patente geschützten auf ungefähr 0,5 m herabgemindert.

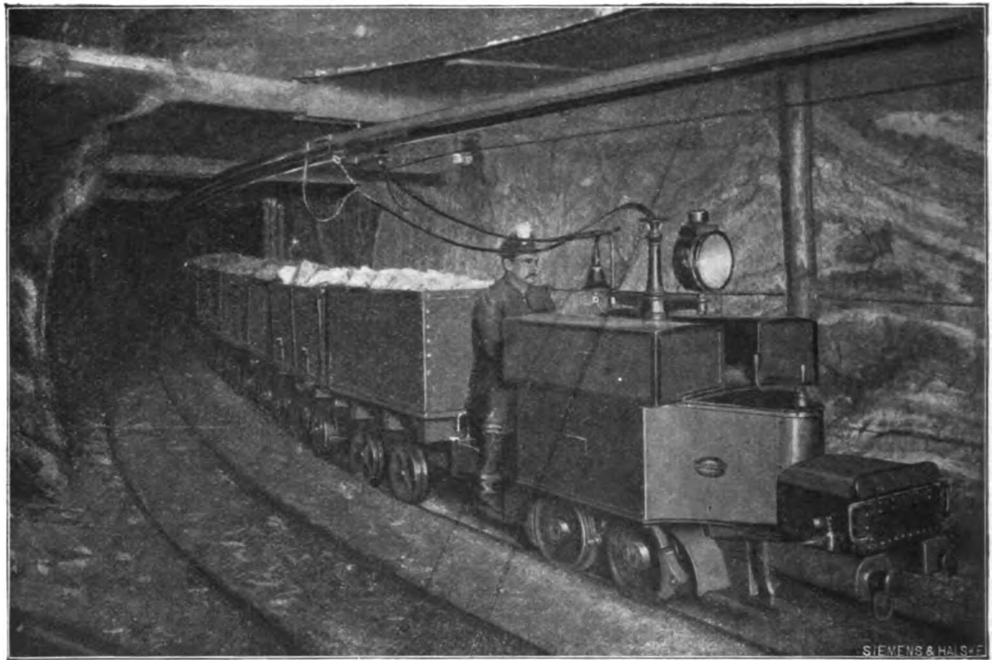


Fig. 14. **Elektrische Grubenbahn zu Neu-Stassfurt.**

Erwähnenswert ist schliefslich noch die von der Firma Siemens & Halske getroffene Einrichtung für die selbstthätige Ein- und Ausschaltung des Stromabnehmers an der Übergangsstelle von der oberirdischen zur unterirdischen Stromzuführung und umgekehrt. Diese Ein- und Ausschaltung wird mit Hilfe einer im Kanal angebrachten schiefen Ebene bewirkt, auf welcher der unterirdische Stromabnehmer mittelst einer kleinen Laufrolle sich aufwärts bezw. abwärts bewegt. Gleichzeitig werden hierbei die Zuleitungen zum Motor für den unterirdischen Stromabnehmer selbstthätig ausgeschaltet und mit dem oberirdischen Stromabnehmer verbunden; eine Einrichtung, die durch Patente geschützt ist.

Mit diesem System der unterirdischen Stromzuführung sind in Berlin von der Firma **Siemens & Halske** etwa 4,5 km und in Budapest 60 km Gleislänge ausgeführt worden. Für letztere Stadt bedeutet dieses Netz $^1/_3$ der gesamten dortigen Bahnen, da die gesamte Gleislänge der von der Firma **Siemens & Halske** in Budapest ausgeführten elektrischen Bahnen z. Zt. rund 180 km beträgt, eine Zahl, die in Europa nur noch um ein ganz geringes durch die Hamburger Anlagen übertroffen wird.

Trotzdem das unterirdische Stromzuführungssystem damals noch neu und nicht erprobt war, trug man in Budapest kein Bedenken,

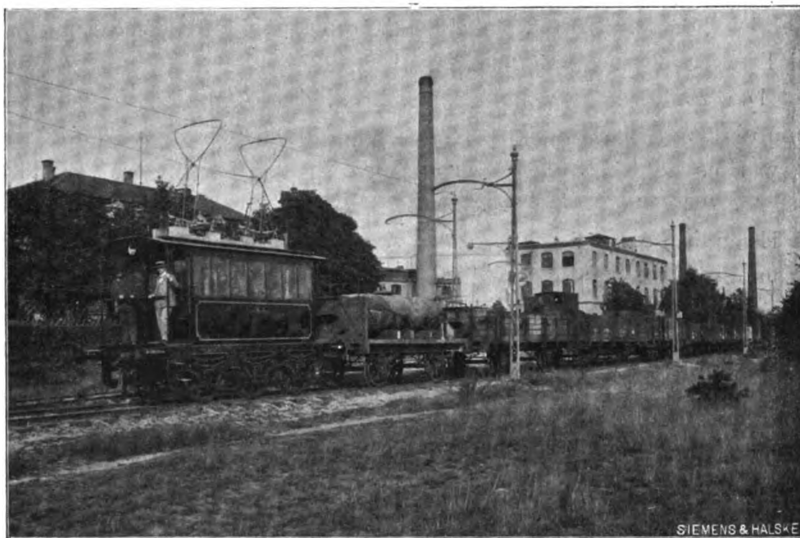


Fig. 15. **Elektrische Lokomotive in Radebeul bei Dresden.**

dasselbe gleich bei den ersten elektrischen Bahnen zur Anwendung zu bringen. Die im Laufe der Jahre damit gemachten Erfahrungen haben die Brauchbarkeit des Systems vollauf bewiesen, so dafs die Strafsen-Eisenbahngesellschaft bei Umwandlung ihrer Linien in elektrischen Betrieb in den belebten und grofsartig angelegten Ringstrafsen und Boulevards das unterirdische System jedem anderen vorzog.

Die unterirdische Stromzuführung hat aufserdem noch Verwendung gefunden in Dresden, Brüssel, New-York und einigen anderen amerikanischen Städten. In New-York sind z. Zt. beinahe 100 km mit dieser unterirdischen Stromzuführung versehen. Im übrigen soll dort das gesamte Strafsenbahnnetz mit dieser Stromzuführung ausgerüstet werden.

Auch im Grofsbahnbetrieb hat die Elektrizität als Zugkraft praktische Verwendung gefunden. Bis jetzt ist die elektrische Lokomotive, abgesehen von einigen in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika elektrisch betriebenen Vollbahnen, vornehmlich bei kleineren Güterbahnen, auf gröfseren Verschubbahnhöfen, im Vorortverkehr gröfserer Städte und im Bergwerksbetrieb mit der Dampflokomotive in einen erfolgreichen Wettbewerb getreten.

Gerade im Bergbau kommen die Vorzüge der elektrischen Zugkraft zur Geltung, denn die Schwierigkeiten, welche die Erzeugung und Fortleitung einer nutzbaren Kraft verursachen, sind hier derartig erhebliche, dafs an ihre Stelle meistens die erheblich teurere Menschen- und Pferdekraft treten mufste.

Die erste elektrische Grubeneisenbahn der Welt wurde, wie schon eingangs erwähnt, im Oppelschacht des Königlichen Steinkohlenbergwerkes Zaukerode im Herbst 1882 in Betrieb gesetzt. (Fig. 13.)

An der Decke des Querschlages sind in der Mitte desselben 2 ⊥ Eisen isoliert entlang geführt, von denen das eine den Strom zur Lokomotive hin, das andere ihn zurückleitet.

Ähnliche Lokomotiven sind in den folgenden Jahren auf der Gewerkschaft Neu-Stafsfurt (Fig. 14), auf dem Steinkohlenbergwerk Cons. Paulus-Hohenzollern bei Beuthen in Oberschlesien, auf der Kupfermine Ashio in Japan, im Kübeckschacht bei Alt-Kladno in Österreich und im Kaptens- und Hertigenstollen bei Gellivare in Norwegen mit Erfolg angewendet worden.

Weitere Verwendung hat die elektrische Lokomotive auf Materialbahnen gefunden, die mit ihren Gleisen meistens an die Staatsbahnen angeschlossen sind und daher die gewerblichen und landwirtschaftlichen Erzeugnisse in bequemer und billiger Weise den Hauptbahnen zuführen können. Derartige Lokomotiven sind von Siemens & Halske für die Mühlenverwaltung des Berliner Holzkomptoirs Viktoriamühle bei Oderberg-Bralitz und für die chemische Fabrik von Heyden in Radebeul bei Dresden ausgeführt worden (Fig. 15). Bei beiden Bahnen erfolgt die Stromabnahme durch den Siemensbügel.

Zur Güterbeförderung dienen in Sarajewo zwei elektrisch betriebene Lokomotiven, die den Verkehr zwischen dem Frachten- und Stadtbahnhof in Sarajewo zu vermitteln haben (Fig. 16). Eine ähnliche Lokomotive, seit dem Jahre 1895 von der Königlichen Eisenbahnwerkstätte zu Potsdam in Dienst gestellt, wird dort zum Verschieben der in der Werkstätte auszubessernden Schlaf- und Durchgangswagen



Fig. 16. Elektrische Lokomotive in Sarajewo.

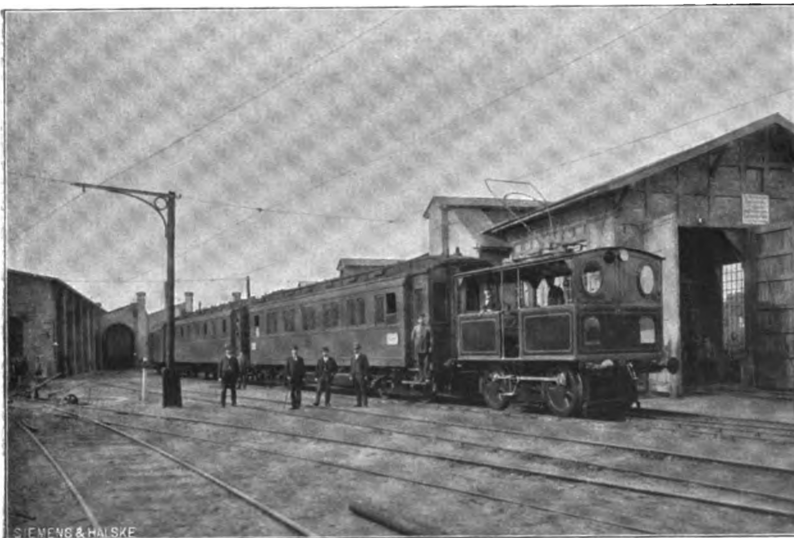
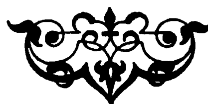


Fig. 17. Elektrische Lokomotive in Potsdam.

gebraucht. Auch hier wird der Strom durch den Siemensschen Gleitbügel abgenommen. (Fig. 17.)

So grofs auch die Erfolge sind, die man durch die Einführung des elektrischen Betriebes für Strafsenbahnen in Bezug auf schnelle und billige Beförderung erzielt hat, so haben doch die stetig wachsenden Ansprüche, welche das Leben der Grofsstadt an die vorhandenen Verkehrsmittel stellt, zu der Erkenntnis geführt, dafs auch diese in der Ebene der Strafse sich bewegenden Bahnen nicht mehr genügen. Hauptsächlich ist es das Bestreben der Bewohner nach Zeitausnutzung, welches dazu geführt hat, die Schnelligkeit der Beförderung so weit wie nur möglich zu steigern. In dieser Hinsicht sind aber heute sämtliche Oberflächenbahnen an eine bestimmte Grenze ihrer Leistungsfähigkeit gebunden, auch die elektrischen, da die den Strafsenkörper mitbenutzenden Fuhrwerke einer jeden Oberflächenbahn die zulässige Grenze der Geschwindigkeit vorschreiben.

(Schlufs folgt.)





Geschichtliche Darstellung der hauptsächlichsten Theorieen über die Entstehung des Sonnensystems.

Von Professor Dr. v. Braunmühl in München.

(Schlufs.)

Fast ein halbes Jahrhundert nach dem Erscheinen von Kants Kosmogonie, 1798 entwickelte der französische Mathematiker und Astronom Marquis de Laplace im 6. Bande seines für alle Zeiten fundamentalen Werkes über die Himmelsmechanik auf wenigen Seiten neue Gedanken über Entstehung und Bildung des Sonnensystems. Laplace kannte die Arbeit des deutschen Philosophen nicht. Wenn er trotzdem, wie dieser, einen einheitlichen Ursprung für alle Körper des Systems annimmt, so hat dies, wie wir sahen, darin seinen Grund, dafs ihm Buffons Gedanken ebenso geläufig waren wie jenem. Dies geht daraus hervor, dafs er eingangs seiner Kosmogonie eine Kritik jener schon mitgeteilten Anschauung Buffons giebt. Im übrigen geht Laplace den beiden Hauptirrtümern der Kantschen Hypothese dadurch schon gleich anfangs aus dem Wege, dafs er statt der momentan ruhenden kosmischen Wolke einen von Anfang an um eine feste Axe rotierenden glühenden Gasball als Urform des Sonnensystems annimmt und die Materie desselben bei seiner allmählichen Verdichtung einem Centrum zuströmen läfst. Aber auf diesen Gedanken wurde er nicht durch Spekulation geführt, sondern er entnahm ihn, wie er ausdrücklich hervorhebt, der Beobachtung. In der That kannte man ja auch damals schon eine Reihe jener planetarischen Nebel, die durch ihre Konstitution auf lebhafte Rotationsbewegungen in ihrem Innern und stattfindende Verdichtungen um einen oder mehrere glänzende Kerne hinweisen, und die moderne Astrophysik hat, gestützt auf die Beobachtungen mit den vorzüglichen Instrumenten der Neuzeit, die Be-

rechtigung von Laplaces Annahme wenigstens im grofsen und ganzen bestätigt.

Die äufserste Grenze, bis zu welcher sich diese rotierende Gasmasse in der Äquatorebene anfangs ausdehnte, mufste über die Bahn des äufsersten Planeten Neptun hinausreichen und war in der Äquatorialebene dadurch bedingt, dafs für die sich bildenden Teilchen die Zentrifugalkraft der Anziehungskraft nach dem Rotationsmittelpunkt Gleichgewicht halten mufste. Da sich nun durch die Abkühlung diese Gleichgewichtsgrenze zusammenzog, d. h. der Drehungsaxe näherte, die Geschwindigkeit der Drehung aber nach einem Gesetze der Mechanik zugleich mit dieser Kontraktion wachsen mufste, so trennten sich infolge der Gleichgewichtsstörung die jenseits dieser Grenze gebliebenen Teilchen von der Hauptmasse los und kreisten mit der ihnen zukommenden Geschwindigkeit in einem äquatorealen Ring weiter um diese herum. Da sich dieser Prozefs öfters wiederholen mufste, so bildete sich eine Reihe solcher gasförmiger konzentrischer Ringe, deren Teilchen alle in derselben Richtung, nämlich in der Richtung der Drehung des Hauptkörpers, um diesen herumliefen. Die gegenseitige Reibung der Moleküle in einem solchen Ringe mufste die Verschiedenheit in ihren Bewegungen allmählich ausgleichen, so dafs sie schliefslich ihre Umläufe alle gleichmäfsig, d. h. mit gleicher Winkelgeschwindigkeit, vollzogen. Infolgedessen mufsten also die weiter entfernten Teilchen ihre gröfseren Bahnen in derselben Zeit zurücklegen wie die näher am Zentrum gelegenen, was nur möglich war, wenn sie sich rascher als jene bewegten. Laplace suchte diese, wie wir sehen werden, für die Drehungsrichtung der Planeten mafsgebende Folgerung noch auf eine andere Weise zu motivieren, indem er folgendermafsen schlofs: Da sich die äufsersten Teilchen des Ringes infolge der Abkühlung und Verdichtung nähern mufsten, also eine Kontraktion des Ringes von aufsen her eintrat, so mufste nach dem schon einmal berührten Prinzip der Mechanik die Drehungsgeschwindigkeit dieser Teilchen beständig wachsen, während aus demselben Grunde die der Moleküle im Innern des Ringes fortwährend abnahm, da sie sich ja bei der Kondensation vom Anziehungscentrum entfernten. Die Geschwindigkeit der äufsern Partieen des Ringes überwog also die der inneren.

Ein solcher Gasring konnte jedoch seine Form nur kurze Zeit beibehalten, da hierzu vollständige Gleichmäfsigkeit und Regelmäfsigkeit in seiner Bildung und bei seiner Abkühlung hätte stattfinden müssen, was bei einem Naturphänomen im allgemeinen nicht der

Fall ist. Folglich mufste er sich in einzelne Massen auflösen, die mit annähernd gleichen Geschwindigkeiten ihre Bewegung fortsetzten und sich zu abgeplatteten Kugeln (Sphäroiden) formierten, die um eine eigene Axe nach derselben Richtung rotieren mufsten, nach der sie sich um die Sonne bewegten. Diese Rotationsrichtung hatte eben in jener Voraussetzung ihren Grund, nach welcher die weiter vom Zentrum des Hauptkörpers entfernten Teilchen des Ringes rascher um jenen rotieren, als die näher gelegenen. War unter diesen Planeten einer, dessen Masse grofs genug war, um die übrigen durch seine Anziehung successive mit sich zu vereinigen, so hatte sich schliefslich der ganze Ring in einen einzigen Planeten verwandelt, der in der gleichen Richtung wie der Hauptkörper rotierend denselben ganz oder nahezu in der Äquatorebene in einer nur wenig von der Kreisform abweichenden Bahn umlaufen mufste, wie man dies auch thatsächlich bei allen grofsen Planeten beobachtet. Dieser Fall war der allgemeine, während sich für den ersteren in unserem Sonnensystem ein Beispiel in der Gruppe der Asteroiden darbietet. Allerdings zeigt sich hier die grofse Schwierigkeit, dafs die Bahnebenen dieser kleinen Planeten teilweise sehr stark gegen die Ekliptik geneigt sind.

Fassen wir nun den Umbildungsprozefs eines solchen gasförmigen Planeten weiter ins Auge, so sehen wir, dafs er sich bei zunehmender Verdichtung genau so verhalten mufste, wie wir dies an dem Sonnenkörper verfolgten: er konnte Ringe absondern, die entweder zerbarsten und seine Trabanten oder Monde lieferten oder, wie in dem einen Falle des Saturn, um denselben bestehen blieben. Gerade die Ringe des Saturn hält Laplace für einen besonders überzeugenden Beweis für die Richtigkeit seiner Hypothese. — Weiter fortschreitende Abkühlung und daraus folgende Kontraktion brachte endlich die Planeten in jene ganz oder teilweise festen Gestalten, in denen sie uns heute das Fernrohr zeigt.

Dies sind die Grundzüge der Laplaceschen Hypothese in der Form, in welcher sie der Meister selbst entworfen hat. Wir hoffen, dafs jeder Leser, wenn er auch den Gesetzen der Mechanik noch so fern stehen sollte, auf den ersten Blick erkannt haben wird, welch enormer Fortschritt dieselbe gegen alle früheren Theorien bedeutet. Doch auch sie enthält natürlich, wie jede Hypothese, angreifbare Punkte, welche in unserer Zeit teils zu ihrer völligen Verwerfung führten, teils mit Glück verbessert wurden, so dafs sie in diesem neuen Gewande immer noch als diejenige Theorie gelten kann, welche

die gröfste Wahrscheinlichkeit für sich hat, zumal da sie auch durch die mechanische Wärmetheorie eine bedeutende Stütze findet.

Der französische Astronom H. Faye hat in seinem interessanten Buche „Sur l'origine du monde", Paris 1884, namentlich die oben angeführte Begründung angegriffen, welche Laplace für die Thatsache gab, dafs die Planeten in derselben Richtung rotieren, in welcher sie ihre Umläufe vollziehen, indem er, wie uns jedoch scheint, mit nicht stichhaltigen Gründen behauptet, aus jener Ringbildungstheorie müfste absolut die entgegengesetzte Richtung der Rotation gefolgert werden. Ohne auf eine Kritik seiner Argumente näher einzugehen, was uns hier zu sehr ins Detail führen würde, bemerken wir nur, dafs Faye bei der Konstruktion einer eigenen Hypothese wieder auf die Wirbeltheorie Descartes zurückgreift, für den er überhaupt eine besondere Vorliebe zu besitzen scheint. Darauf wurde er übrigens durch die Thatsache geführt, die unsere modernen Riesenrefraktoren mitteilten, dafs manche der sichtbaren kosmischen Nebel von spiralförmiger Struktur sind, die auf solche Wirbelbewegungen schliefsen läfst.

Faye nimmt nun an, die ursprüngliche Nebelmasse sei völlig homogen gewesen und habe die Gestalt einer abgeplatteten Kugel gehabt, und bemerkt, dafs wenn darin eine Wirbelbewegung vorherrschte, die Möglichkeit zur Bildung exzentrischer Ringe innerhalb der Masse selbst gegeben war. In einem solchen Nebelball mufste aber die aus den Anziehungskräften der Moleküle hervorgehende Schwere im direkten Verhältnis der Entfernung vom Zentrum zunehmen, so dafs sich die weiter von ihm entfernten Teile mit gröfserer Geschwindigkeit bewegten.

Aufserdem mufsten die Partikel Ellipsen mit verschiedenen Exzentrizitäten um dieses Zentrum beschreiben und durchliefen ihre Bahnen alle in derselben Zeit, wie grofs auch ihr Abstand vom Mittelpunkt sein mochte. Dabei waren Zusammenstöfse unvermeidlich, infolge deren sich um das Zentrum des Wirbels ein Kern bildete, der durch seine wachsende Anziehungskraft immer mehr Teilchen absorbierte. Diese Anziehungskraft mufste aber nach dem Newtonschen Gesetze wirken und überwog mit dem beständigen Anwachsen des Kernes immer mehr die im direkten Verhältnisse des Abstandes wirkenden Kräfte, bis schliefslich das Gravitationsgesetz das allgemein herrschende wurde. Daraus folgt, dafs, solange der Kern noch dünn war, und infolge dessen das erstere Gesetz vorherrschte, die aus den Ringen, ähnlich wie bei Laplace entstandenen Planeten, rechtläufig, wie der Wirbel, d. h. von Westen nach Osten, rotierten;

diejenigen Planeten aber, welche entstanden, als das Newtonsche Gesetz bereits vorwog, mufsten mit ihren Satelliten eine rückläufige Rotation aufweisen, indem die äufseren Partien der Ringe nach dem dritten Keplerschen Gesetze, welches infolge der Gravitation herrschte, langsamer als die innern, dem Zentrum näher gelegenen Teile sich bewegten.

Damit suchte Faye den Umstand zu erklären, dafs alle Planeten bis zum Uranus rechtläufig rotieren und auch von ihren Satelliten in eben demselben Sinne umlaufen werden, während die vier Uranusmonde, sowie der eine Neptunmond eine rückläufige Bewegung aufweisen[1]), eine Thatsache, die in der Laplaceschen Theorie in ihrer ursprünglichen Form allerdings keine Erklärung findet. Dies wäre ihm nun mit seiner Annahme über den Wechsel des Anziehungsgesetzes auch gelungen, wenn nicht daraus folgen würde, dafs die inneren Planeten sich dann vor den äufseren gebildet haben müfsten.

Dasselbe wäre aber dann auch in Bezug auf die Satelliten des Saturn anzunehmen, die vor den näher am Zentralkörper stehenden Ringen entstanden sein mufsten — eine Schlufsfolgerung, die aber gänzlich unzulässig ist, da die Ringe unmöglich älter als die Trabanten sein können. Ebenso würden auch nach Fayes Annahme die weiter entfernten Planeten eine geringere Anzahl Satelliten aufweisen als die näher an der Sonne gelegenen, was wieder der Erfahrung widerspricht, und da ferner die vor Entstehung der Sonne eingetretene Ringbildung in seiner Theorie nirgends eine genügende Erklärung findet, so hat diese neue Hypothese wenig Anklang gefunden; in der That besitzt sie auch keinen Vorzug vor den weit einfacheren Annahmen der einigermafsen motivierten Laplaceschen Anschauung.

Laplaces Hypothese hat namentlich durch die detaillierten Untersuchungen von Eduard Roche (1873), der sie, wie wir noch sehen werden, in einigen wesentlichen Punkten ergänzte, sehr an Wahrscheinlichkeit gewonnen. Vor allem aber war es Hermann von Helmholtz, der in zweien seiner Vorträge, „Über die Wechselwirkung der Naturkräfte“ 1854 und „Über die Entstehung des Planetensystems“ 1871 mit Nachdruck darauf hinwies, dafs gerade die mechanische Wärmetheorie, die grofse Entdeckung unseres Jahrhunderts, ihr ein weit festeres Fundament verleiht, als es ihr Schöpfer selbst mit den ihm zu Gebote stehenden Mitteln zu legen vermochte. Indem wir auf dieses Beweismoment näher eingehen,

[1]) Vgl. hierüber diese Zeitschrift Bd. 7, 1895, Seite 232 oder Tisserand: Traité de mécanique céleste, t. IV. p. 150, 1896.

wollen wir den von Helmholtz entwickelten Ideen im allgemeinen folgen.

Die gröfste Errungenschaft der modernen Physik, welche uns einen Einblick in das organische Getriebe der Naturkräfte in früher nie geahnter Weise gestattet, ist das Prinzip der Erhaltung der Energie oder, wie Helmholtz, dem wir seine erste allgemeine Formulierung verdanken, es nennt, das Prinzip der Erhaltung der Kraft. Nachdem zuerst der praktische Arzt Julius Robert Mayer in Heilbronn im Jahre 1842 darauf hingewiesen hatte, dafs jede Bewegung, die plötzlich gehemmt wird, sich in Wärme umsetzt, und umgekehrt jede Quantität Wärme Bewegung zu erzeugen vermag, nachdem fast gleichzeitig der englische Physiker James Preskott Joule in Manchester eine Reihe wichtiger Versuche zur Bestimmung des Verhältnisses, nach welchem dieser Umsatz der Wärme in mechanische Arbeit stattfindet — des sogenannten Wärmeäquivalentes — ausgeführt hatte, war die Möglichkeit geboten, diese Entdeckung als ein allgemeines, in der Natur herrschendes Gesetz zu formulieren.

Wie der Techniker längst wufste, dafs man eine Triebkraft nicht aus nichts erzeugen kann, sondern dafs man hierbei auf einen fest begrenzten Vorrat in der Natur beschränkt ist, wie es ihm wohlbekannt war, dafs seine Maschinen nur dazu dienten, die einmal in Verwendung befindlichen Kräfte in verschiedene Wirkungsformen umzusetzen, so konnte man jetzt feststellen, dafs alle Erscheinungen, wie bei der Maschine, so auch im umfassenden Gebiete der Natur nur verschiedene Formen ein und derselben fest umgrenzten Energie- oder Kraftmenge die ein für allemal im Weltall vorhanden ist, darstellen. Die Energiefülle aber, welche auf unserem kleinen Planeten zu unserer Verfügung steht, die alles Leben und alle Bewegung auf unserer Erde unterhält, und die in gleicher Weise das ganze Sonnensystem beherrscht, sie hat ihren Ursprung einzig und allein in der von dem glühenden Sonnenball ausgehenden Kraft, die sich in Licht und Wärme äufsert. Robert Mayer sagt darüber: „Der Strom „dieser von der Sonne kommenden Kraft, der sich über unsere Erde „ergiefst, ist die beständig sich spannende Feder, die das Getriebe „irdischer Thätigkeit im Gange hält."

Man hat die von der Sonne ausstrahlende Wärme berechnet und nach dem mechanischen Wärmeäquivalent in Arbeit umgesetzt. Dabei fand man unter Zugrundelegung der Betrachtungen Langleys, nach denen ein Quadratcentimeter der Sonnenoberfläche in jeder Sekunde

mindestens 3 Calorien[2]) Wärme ausstrahlt, für einen Quadratmeter dieser Oberfläche ein mechanisches Äquivalent von ungefähr 180000 Pferdekräften; d. h. die von einem Quadratmeter in den Weltraum ausgestrahlte Wärme leistet, in mechanische Arbeit umgesetzt, das gleiche wie die genannte Zahl von Pferdekräften.

Man wird sich nun billigerweise fragen, woher denn die Sonne diese enorme Wärmemenge besitzt, welche eine solche kolossale Energiefülle hervorzubringen vermag. Die Beantwortung dieser Frage wird uns wieder zu der Laplaceschen Hypothese über die Entstehung der Sonne zurückführen.

An die Produktion einer solchen Wärmemenge durch chemische Prozesse ist, wie sich nachweisen läfst, nicht im entferntesten zu denken, denn selbst wenn die Sonne nur aus Wasserstoff und Sauerstoff bestände, in dem Verhältnis gemischt, wie diese sich bei der Verbrennung zu Wasser vereinigen, so würde die erzeugte Hitze, nach Helmholtz' Rechnung, die Wärmestrahlung der Sonne auf höchstens 3021 Jahre zu unterhalten imstande sein; aber abgesehen davon, dafs selbst unsere historischen Nachrichten schon auf eine längere Zeitdauer der Erde schliefsen lassen, zeigt die Geologie, dafs dieselbe schon Millionen Jahre ihre Bahn um die Sonne durchläuft, die also mindestens ebensolange bestehen mufs.

Ein zweiter Versuch, welcher zur Erklärung der Sonnenwärme gemacht wurde, bezog sich darauf, dafs man ihr Konstantbleiben auf die Meteormassen zurückzuführen suchte, welche beständig auf den Sonnenkörper niederstürzen. Wie nämlich die Erde in ihrer Bahn einer Unmenge von Meteoriten begegnet, die teils als kosmischer Staub, teils in kosmischen Wolken sich überall im Weltenraume zerstreut finden und auf sie niederstürzen, sobald sie in ihre Anziehungssphäre gelangen, so mufs ein solcher Meteoritenhagel noch in erhöhtem Mafse auf die Oberfläche des enormen Sonnenballes fallen, da ja seine Anziehungskraft die aller übrigen Körper des Sonnensystems bei weitem übertrifft. Wie aber die Kraft, mit welcher der Hammer auf den Ambofs niedersaust, bei der plötzlichen Hemmung durch den letzteren sich in Wärme umsetzt, so wird auch das Aufschlagen dieser Meteormassen auf die Sonne eine gewaltige Wärmemenge erzeugen, und man hat mit Robert Mayer geglaubt, durch diese Speisung mit kosmischen Massen allein könne die Sonnenwärme auf konstanter Höhe erhalten werden. Aber auch das ist nicht richtig; denn

[2]) Unter einer Calorie versteht man bekanntlich die Wärme, die nötig ist, um die Temperatur von 1 kg Wasser um 1° Celsius zu erhöhen.

William Thomson hat nachgewiesen, dafs, wenn es der Fall wäre, die Sonnenmasse durch diese beständige Zufuhr neuer Quantitäten sich bereits so stark vermehrt hätte, dafs längst merkliche Störungen der Planetenbahnen eingetreten wären.

Eine andere Quelle, durch welche der Sonne etwa Kräfte zufliefsen könnten, um ihre fortwährende Ausgabe an Wärme zu decken, ist nicht auffindbar; also bleibt uns nichts übrig, als anzunehmen, dafs ihr schon von Alters her ein ganz enormer Vorrat von Wärme zukommt, den sie bereits seit ihrer Entstehung und auf Grund derselben aufgespeichert hat und noch fortwährend vermehrt.

Darin aber liegt eben ein Beweis für die Richtigkeit der Laplaceschen Anschaung. Denn als sich der Gasball, aus dem Laplace das Sonnensystem entstehen läfst, gebildet hatte, „mufste er nicht nur schon sämtliche Materie enthalten, aus der das künftige Planetensystem zusammenzusetzen war, sondern (nach dem Gesetze von der Erhaltung der Energie) auch den ganzen Vorrat von Arbeitskraft, der einst darin seinen Reichtum an Wirkungen entfalten sollte.“ Diese Quantität von Energie war in der Hauptsache dadurch bedingt, dafs zwischen den einzelnen Teilchen das Gesetz der Schwere herrschte, dem gemäfs sie sich untereinander anzogen und nach einem festen Zentrum hinbewegten, wodurch zunächst der Gasball und dann, wie schon früher geschildert, allmählich der Sonnenkörper entstand. Durch dieses Zusammenstürzen der Massen, dessen Effekt die zunehmende Verdichtung um den Zentralkern war, wurde aber eine solch enorme Wärmemenge erzeugt, dafs sie imstande gewesen wäre, eine der Sonne und den Planeten zusammengenommen gleiche Wassermasse um 28 Millionen Grad Celsius zu erhitzen. Nach diesem Resultate einer von Helmholtz angestellten annähernden Rechnung sind wir nicht mehr darauf angewiesen, wie Laplace, den Gasball von Anfang an als glühend anzunehmen, wir können uns die Entstehung seiner Temperatur vorstellen.

Die immense Temperatur konnte aber niemals vollständig zu stande kommen, denn sie würde ja Ausdehnung erzeugt und der Verdichtung direkt entgegengewirkt haben; folglich mufste ein erheblicher Teil derselben vor Vollendung der Verdichtung durch Ausstrahlung in den kalten Weltraum aufser Thätigkeit getreten sein. Aber auch der übrig bleibende Rest war noch grofs genug, um die gegenwärtige Wärmestrahlung der Sonne auf eine Reihe von Jahrmillionen der Vergangenheit zu decken, und nicht weniger ist die Konstanz derselben

für eine ebensoferne Zukunft gesichert, da die Sonne noch in beständiger Verdichtung begriffen ist und folglich immer noch neue Wärmemengen erzeugt.

Wir sehen also, dafs die Annahmen der Laplaceschen Theorie eine völlig genügende Erklärung der Sonnenwärme geben, die wir auf anderem Wege absolut nicht erreichen könnten.

Die Laplacesche Hypothese wirft aber auch auf die Entwickelungsstadien, die physische Beschaffenheit und den Mondreichtum der einzelnen Planeten unseres Systems, wie H. Klein 1891 in seinen „Kosmologischen Briefen" ausführt, ein helles Licht. Um dies zu erläutern, erinnern wir zunächst an folgende Thatsachen. Die Ausstrahlung einer sich abkühlenden Kugel hängt von der Gröfse der Oberfläche derselben ab, und diese Abkühlung geht um so rascher vor sich, je gröfser die Oberfläche ist. Nun nimmt aber die Oberfläche einer sich verkleinernden Kugel langsamer ab als ihr Volumen, weil sich die Oberflächen zweier Kugeln nur wie die Quadrate ihrer Halbmesser, die Volumina aber wie die dritten Potenzen derselben verhalten. Ist z. B. das Volumen einer Kugel nur mehr ein Achtel von einem andern, so ist ihre Oberfläche noch immer ein Viertel von der Oberfläche jener. Daraus folgt aber, dafs kleinere Kugeln verhältnismäfsig rascher erkalten. Wenden wir nun diese Betrachtung auf den Laplaceschen Gasball an, so sehen wir: Je mehr das Volumen desselben durch Zusammenziehen abnahm, desto rascher mufste die Ausstrahlung von statten gehen, oder der Wärmeverlust sich verhältnismäfsig steigern. Die Zusammenziehung und die Abschnürung der Nebelringe, aus denen sich die Planeten bildeten, erfolgte also in einem kürzeren Zeitunterschiede. Rascher als die Bildung des Neptun mufste also die des Uranus erfolgen, noch rascher die des Saturn und so fort mit wachsender Beschleunigung bis zum innersten Planeten Merkur, der nur mehr wenig früher als der Sonnenball selbst entstand.

Darin liegt aber der Grund dafür, dafs die mächtigen fernen Planeten Jupiter, Saturn und wahrscheinlich auch Uranus und Neptun in ihrer Erkaltung noch nicht so weit vorgeschritten sind wie die kleineren Planeten Mars, Erde, Venus und Merkur. Denn wohl mufsten die letzteren im Verhältnis rascher erkalten, aber wenn sich alle Planeten in gleichen Zeitabschnitten nacheinander gebildet hätten, dann wäre z. B. der ganze Zeitraum, der zwischen der Bildung des Saturn und jener des Merkur verflofs, ein wesentlich gröfserer gewesen, als er nach der Laplaceschen Theorie war, und Saturn

wäre dann wahrscheinlich, wie Merkur, ebenfalls längst völlig erkaltet. In dem Umstande also, dafs die äufsersten Planeten unseres Systems in ihrem Abkühlungsstadium noch weiter zurück sind als die näheren, haben wir einen indirekten Beweis für die Richtigkeit der Laplaceschen Annahme.

Einen ebensolchen aber finden wir in der Anzahl der Satelliten oder Monde der einzelnen Planeten. Die Beobachtung zeigt uns nämlich, dafs Merkur und Venus, die nächsten Planeten an der Sonne, keinen, die Erde einen, Mars zwei, Jupiter fünf, Saturn nebst einem Ringe acht, Uranus vier und Neptun einen Trabanten besitzen, wobei jedoch nicht ausgeschlossen ist, dafs die letzteren beiden Planeten noch mehr Monde haben, und nur die Unzulänglichkeit unserer optischen Mittel diese nicht mehr erkennen läfst. Daraus sieht man also, dafs die weiten von der Sonne entfernten Planeten im allgemeinen eine gröfsere Anzahl Monde aufweisen als die näher an der Sonne gelegenen, und dies erklärt sich wiederum ganz gut aus der Laplaceschen Theorie. Denn zur Zeit, als sich die Dunstkugeln der äufseren Planeten bildeten, war die Verdichtung des Gasballes noch nicht soweit vorgeschritten, als da die Formation der inneren Planeten begann; die letzteren bestanden also von Anfang an aus stärker konzentrierter Materie, die durch Ausstrahlung schon bedeutend an Wärme verloren hatten; bei ihnen konnte also eine sekundäre Ringbildung und damit eine Entstehung von Monden weniger leicht eintreten als bei den viel umfangreicheren und noch unter gröfserer Hitze stehenden Gaskugeln, aus denen sich die gröfseren Planeten bildeten. Eine ergänzende Erklärung dieser Erscheinung werden wir später noch kennen lernen.

Wir müssen nun noch die Bildung der Saturnringe etwas näher ins Auge fassen, da dieselben ein einzig dastehendes Gebilde des Sonnensystems repräsentieren. Wie wir schon bemerkten, hat Laplace gerade in ihnen eine Hauptstütze seiner Theorie der Ringbildung sehen zu müssen geglaubt, indem er sie für ein Überbleibsel aus der Urzeit unseres Planetensystems hielt; aber auch er fand schon, obwohl seine Untersuchung sehr lückenhaft ist, dafs die Ringe nur dann von fester Gestalt sein könnten, wenn ihre Masse unsymmetrisch verteilt wäre. Nach ihm haben dann G. Bond 1851 und Benjamin Peirce auf das bestimmteste behauptet, dafs die Ringe nicht fest sein können, der eine aus Beobachtungen, der andere aus theoretischen Gründen schliefsend. Kräftig unterstützt wurde diese Ansicht durch eine Arbeit von James Clerk Maxwell 1857, der sie noch dahin

ergänzte, dafs auch eine zusammenhängende flüssige Konstitution der Ringe ausgeschlossen sei, und somit die einzig mögliche Zusammensetzung des Systems darin bestehe, dafs dasselbe durch eine Anhäufung unzusammenhängender staubartiger Teilchen gebildet werde, die sich unabhängig von einander in einer ihren Entfernungen von dem Planeten entsprechenden Periode um den Zentralkörper herumbewegen. Die Richtigkeit der letzteren Anschauung, die übrigens schon bald nach Entdeckung der Saturnringe Roberval geäufsert hatte, wurde dann durch die Untersuchungen von Hirn 1872 und in neuester Zeit, 1887 und 1894, durch die schönen photometrischen Arbeiten Seeligers aufser allen Zweifel gesetzt.

Es fragt sich nun aber, ob und wie sich diese Konstitution des Saturnsystems mit der Laplaceschen Hypothese in Einklang bringen läfst? Hierüber hat der schon erwähnte Eduard Roche 1873 sehr gründliche Untersuchungen angestellt, die zunächst das angeführte Resultat bestätigten, dafs die Ringe wegen ihrer zu grofsen Nähe an dem Planetenkörper weder aus fester, noch aus flüssiger zusammenhängender Materie bestehen können. Weiter ergab sich aber auch, dafs eben wieder wegen dieser Nähe nur der äufserste der drei Ringe in der von Laplace geschilderten Weise durch Abschnüren entstanden sein kann, während sich die beiden inneren Ringe innerhalb der sich allmählich verdichtenden Gaskugel des Planeten gebildet haben müssen. Dafs eine solche Bildung innerhalb der Atmosphäre des Saturn nicht nur möglich, sondern sogar notwendig war, folgerte Roche aus dem Umstande, dafs nach der Abtrennung des äufsersten Ringes, um das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen, von den Polen der rotierenden Saturnkugel Materie nach der Äquatorebene hinströmen mufste, welche dann infolge der ihr anhaftenden geringeren Drehungsgeschwindigkeit innerhalb der Atmosphäre elliptische Ströme erzeugte, die neue Ringbildungen veranlassen konnten. Diese Ringe vermochten sich nur kurze Zeit in flüssigem Zustande zu erhalten und lösten sich dann in getrennte Teilchen auf, die sich mit fortschreitender Abkühlung zu jenen staubartigen Bestandteilen verdichteten, aus welchen die Saturnringe bestehen. Da Roche seine Ansicht von den inneren elliptischen Strömen, den „traînées elliptiques“ auf der soliden Basis mathematischer Rechnung aufbaute, so steht nichts im Wege, an der Laplaceschen Theorie diese geringe Modifikation anzubringen, welche sie unter anderem zur Erklärung jenes merkwürdigen Ringsystemes fähig macht.

Laplace wurde zu seiner Hypothese wenigstens teilweise durch

die Beobachtung veranlafst, dafs die sämtlichen Planeten die Sonne in derselben Richtung umkreisen, welche mit der Richtung ihrer Rotation und jener der Planeten zusammenfällt, ferner, dafs dasselbe bei allen damals bekannten Satelliten stattfindet, und dafs die Bahnebenen aller dieser Himmelskörper nur sehr wenig gegen die Äquatorebene der Sonnenrotation geneigt sind. Nimmt man den Umstand hinzu, dafs alle Planetenbahnen, wenigstens die damals bekannten, wenig von der Kreisform abweichen, und sämtliche Himmelskörper aus derselben Materie bestehen, so ist doch der Schlufs unabweisbar, dafs diese Übereinstimmung nicht zufällig sein kann, sondern auf einen gemeinsamen Ursprung aller Glieder de Sonnensystems hinweist. In zweiter Linie aber veranlafsten ihn, wie wir schon früher bemerkten, die Beobachtungen Herschels über die Nebelflecke zu der Annahme eines glühenden Gasballes als Urform des Planetensystems.

Nun haben die neuesten Beobachtungen solcher Nebelflecke, wie z. B. des Orion- und des Andromeda-Nebels, in welchem man 1885 und 1892 die Bildung neuer Sterne beobachten konnte, ergeben, dafs diese wahrscheinlich weniger aus gasförmiger Substanz als aus unzähligen festen Körpern bestehen und einem Meteorschwarm gleichen, dessen Massen sich um feste Zentren gruppieren, aus denen dann aufleuchtende Sterne entstehen. Dieser Umstand veranlafste Normann Lockyer eine neue Kosmogonie auf die Konstitution einer Meteorwolke aufzubauen, wodurch er sich wieder Kants ursprünglicher Idee näherte.

Nach seiner Ansicht „sind alle selbstleuchtenden Körper im Himmelsraum entweder aus Meteorschwärmen oder aus Massen von Dampf gebildet, der durch Hitze aus Meteoren erzeugt wird. Die Hitze wird durch Verdichtung der Meteorschwärme unter Einwirkung der Gravitation hervorgebracht, und der Dampf kondensiert sich schliefslich zu einem festen Körper." Alle Bildungen von Meteorströmen und alle Bahnkurven, die die einzelnen Körper beschreiben, werden dabei auf Zusammenstöfse der Massenteilchen zurückgeführt, die von vornherein mit verschiedenen Geschwindigkeiten begabt, aus enormen Entfernungen dem anziehenden Zentrum zuströmen. Man sieht, dafs bei der Anwendung dieser Hypothese auf das Sonnensystem noch einen Schritt weiter in der Entstehungsgeschichte desselben zurückgegangen wird, als es von Laplace geschah; doch ist es sehr fraglich, ob man hierdurch viel gewinnt, da man eine ganze Reihe von Voraussetzungen zu machen hat, die nur zu sehr den Stempel des Willkürlichen an sich tragen.

G. H. Darwin hat diese Theorie Lockyers mit der Laplaceschen in Einklang zu bringen gesucht (1889), was ihm dadurch gelang, dafs er die Materie, wie die Moleküle eines Gases, als elastisch voraussetzte; dies gestattete ihm, das Problem im Sinne der kinetischen Gastheorie vom Standpunkte der Mechanik aus exakt zu behandeln. Jedoch beschränkte er sich in seinen äufserst gründlichen Untersuchungen nur darauf, die Konstitution eines solchen Meteorschwarmes festzustellen, nachdem das Zuströmen der Meteore von aufsen aufgehört hat, und die Umformungen zu studieren, die derselbe erfährt, bis er in den glühenden Gasball von Laplace übergeht. Die Voraussetzung einer fast vollkommenen Elastizität der Meteore war hierbei deshalb notwendig, weil die Grundbedingung der Nebularhypothese die Annahme eines Flüssigkeitsdruckes ist, der allein die Idee einer Gleichgewichtsfigur ermöglicht, wie sie der Gasball besitzen mufs. Dieser Flüssigkeitsdruck ergiebt sich dann als das Resultat der Zusammenstöfse der Moleküle. Die Bewegungen, welche die Meteore in der Wolke selbst haben, gehen in gerader Richtung vor sich, und diese ändert sich nur infolge von Zusammenstöfsen; solche aber sind gegen die Grenzen des Schwarmes hin weniger häufig als gegen das Zentrum, weil am Rande die Meteore weniger dicht gelagert sind; denn auch über die Dichtigkeitsverhältnisse des Schwarmes mufs Darwin eine ganz bestimmte Voraussetzung machen, indem er sich die Körper in konzentrischen Kugelschichten so verteilt denkt, dafs die Verdichtung gegen den Mittelpunkt immer mehr zunimmt.

Zieht sich nun der Schwarm infolge der Gravitation zusammen, so wird durch das Aufeinanderprallen der Meteore Hitze erzeugt, und dadurch ein Teil ihrer Masse in glühende Gase verwandelt, die sich durch Ausstrahlung allmählich wieder abkühlen, wodurch die Verdichtung befördert wird. In den ersten Stadien der Entwickelung des Schwarmes überwiegt die Kondensation die Vergasung, später halten sich beide das Gleichgewicht, und zuletzt wird die Verdampfung stärker als die Verdichtung sein. Dadurch ist die Meteorwolke allmählich in einen Ball übergegangen, in dem ein glühend flüssiger Zustand herrscht, der mit dem Wachsen der Verdichtung immer zäher wird. Damit sind wir wieder bei den Voraussetzungen von Laplace angelangt. Einen Versuch, die Rotation des Gasballes zu erklären, macht Darwin so wenig wie Laplace; ihm ist es überhaupt nur darum zu thun, sichere Grundlagen zu gewinnen, um Meteor- und Nebularhypothese vereinigen und eine mathematisch-physikalische Diskussion anbahnen zu können. Natürlich kann man über die Be-

rechtigung der Annahmen, die er zu diesem Zweck macht, verschieden denken, aber in jedem Falle mufs man das eine zugeben, dafs man ohne solche Voraussetzungen nie durchkommen wird, sobald man eine kosmogonische Hypothese in allen Details durcharbeiten will.

Aber zu diesem Verdienste Darwins, eine Vereinigung beider Hypothesen angebahnt zu haben, gesellt sich noch ein zweites, das vielleicht noch mehr Beachtung verdient. Er versuchte nämlich die durch das Phänomen der Gezeiten verursachte Verlangsamung der Rotation für die Kosmogonie zu verwerten, was ihm auch trefflich gelang.

Schon Kant hatte 1754 die Idee geäufsert, dafs die Erscheinung der Ebbe und Flut eine solche Verlangsamung der Rotation hervorzurufen imstande sei, und nach ihm sind Robert Mayer 1848 und Ferrel zu Allensville 1858 nicht blofs unabhängig von einander, sondern auch ohne Kants Untersuchung zu kennen, wieder auf denselben Gedanken gekommen, der dann durch Delaunay 1865 weiter ausgeführt und durch Roche 1873 und Darwin 1880 für die Kosmogonie fruchtbar gemacht wurde.

Denken wir uns die Erde ganz mit Wasser bedeckt, so werden bekanntlich durch die Anziehung des Mondes auf zwei einander entgegengesetzten Punkten des Erdsphäroides zur Zeit der Flut Wasserberge angehäuft, und die Oberfläche dieser Wassermasse ist jeden Augenblick bestrebt, die Gestalt eines Ellipsoides anzunehmen, dessen grofse Achse durch den Mond geht und ihm bei seiner täglichen Bewegung nachfolgt. Aber infolge der Reibung und des Widerstandes, dem die vom Monde angezogene Wassermasse bei ihrer Bewegung begegnet, bleibt diese Herstellung der ellipsoidischen Gleichgewichtsfigur der Zeit nach beständig hinter der theoretischen Lage zurück; man weifs ja, dafs die Flut immer erst einige Zeit nach dem Durchgang des Mondes durch den Meridian eintritt. Deshalb mufs die Verbindungslinie der höchsten Punkte der beiden Flutberge statt durch den Mondmittelpunkt etwas östlich von dem Monde vorübergehen, wodurch eine gewisse Hemmung der Rotationsbewegung der Erde eintritt, da diese Verspätung wie eine Bremse auf sie wirkt. Die Erde mufs also hierdurch an Drehungsgeschwindigkeit langsam verlieren, und folglich nimmt die Tageslänge mit der Zeit zu. Dies mufs solange fortgehen, bis die Rotationszeit der Erde und die Umlaufszeit des Mondes gleich werden, und wenn die Wassermassen der Erde diesen Zeitpunkt überdauern, so kann die Verlangsamung sogar noch darüber hinaus durch die Sonne fortgesetzt werden, die bekanntlich

ebenfalls Gezeitenwellen, wenn auch schwächere, erzeugt. Ein Ende wird dieser Prozefs erst dann nehmen, wenn die Erde der Sonne, wie jetzt ihr der Mond, beständig dieselbe Seite zukehrt, und der Wechsel von Tag und Nacht aufgehört hat.

Aber die Gezeiten bewirken nicht nur eine Verlangsamung der Rotation desjenigen Körpers, auf welchem sie stattfinden, sondern sie haben auch einen rückwirkenden Effekt; denn um denselben Betrag, um welchen der Mond die Flutwelle zurückstöfst, wird er von der Erde vorwärts gestofsen, was eine Vergröfserung seiner Bahn zur Folge hat und hiermit also eine, wenn auch langsame Entfernung desselben von der Erde.

Wendet man nun diese Theorie der „Gezeitenreibung" auf den Urzustand unseres Sonnensystems an, so giebt sie zunächst über den Umstand Aufschlufs, dafs der Mond unserer Erde beständig dieselbe Seite zukehrt. Als er nämlich noch in flüssigem Zustande war, mufste die Anziehung der Erde auf ihn eine mächtige Gezeitenwelle erregen, welche seine Rotationszeit rasch verlangsamte, bis sie genau mit seiner Umlaufszeit zusammenstimmte.

Aus der zweiten Erscheinung aber, dafs der Mond sich beständig, wenn auch nur sehr langsam, von der Erde entfernt, ergiebt sich zunächst der Schlufs, dafs er sich früher sehr nahe an dem Hauptkörper befunden haben mufs. Allein Darwins Versuch, die Geburt unseres Trabanten dadurch zu erklären, dafs das flüssige Erdsphäroid infolge des Überhandnehmens seiner Rotation zerschellte und so dem Monde das Leben gab, liefs sich gegenüber gewichtigen Einwänden, die James Nolan in Viktoria machte, nicht aufrecht erhalten. Dagegen besteht kein Zweifel, dafs die Gezeitenreibung bei der Anweisung des Platzes, den heute unser Mond gegenüber der Erde einnimmt, wesentlich beteiligt war; denn unter dieser Annahme lassen sich die Beziehungen zwischen Neigung und Exzentrizität der Mondbahn einerseits und der Ekliptikschiefe andererseits, sowie zwischen der Umlaufzeit des Mondes und der Erdrotation völlig ungezwungen erklären. Übrigens nimmt der Mond gegenüber den Satelliten der anderen Planeten insofern eine Ausnahmestellung ein, als er im Verhältnis zum Hauptkörper eine viel gröfsere Masse besitzt als jene, sodafs seine anziehenden oder störenden Wirkungen viel mehr Einflufs auf den Erdkörper haben, als dies sonst im Sonnensysteme der Fall ist; darum hat auch die Gezeitenreibung bei der Bildung des Mondes eine entschieden gröfsere Rolle gespielt als z. B. bei der Entstehung des Jupitersystems.

Es ist bekannt, dafs nicht nur der Mond auf unserer Erde Gezeiten hervorruft, sondern dieser Einflufs auch der Sonne zukommt, wenn auch in weit schwächerem Mafse. Da dasselbe bei den übrigen Planeten der Fall sein mufs, und umgekehrt diese auch wieder auf der Sonne Gezeiten erzeugen, so fragt es sich, ob die Einwirkung dieser Sonnengezeiten bei der Bildung unseres Planetensystems überhaupt von Bedeutung war, oder inwieweit sie dabei in Betracht kommt. Darwin weist nun zunächst nach, dafs der Rückstofs der Gezeitenwelle, welche von den Planeten auf der Sonne hervorgerufen wird, niemals so stark sein konnte, dafs er ihre Entfernungen von der Sonne wesentlich änderte. Was also von der Entstehung des Mondes aus der Erde gilt, gilt keineswegs von der Erzeugung der Planeten durch die Sonne. Dagegen ist wohl anzunehmen, dafs die nach der Laplaceschen Theorie ursprünglich kreisförmigen Bahnen der Planeten durch die Gezeitenreibung sich nachmals in mehr oder weniger exzentrische Ellipsen verwandelten.

Desgleichen kann auch die gröfsere Fruchtbarkeit an Satelliten, welche die weit von der Sonne entfernten Planeten aufweisen, in den Sonnengezeiten wenigstens teilweise ihren Grund haben. Merkur und Venus, die nächsten Planeten am Zentralkörper, wurden nämlich wegen dieser Nähe durch stärkere Gezeitenwellen beeinflufst; die Rotationsgeschwindigkeit der Nebelballen, aus denen sie durch Verdichtung entstanden, konnte deshalb infolge dieser Verzögerung nicht soweit zunehmen, dafs sich Ringe ablösten und Satelliten formierten, während die weniger verzögerte Drehgeschwindigkeit der weiter entfernten Nebelbälle mehrfach solche Gleichgewichtsstörungen veranlafste, die den Trabanten ihr Leben gaben. Die Erde aber, welche eine mittlere Stellung einnimmt, wurde durch die Sonnengezeiten soweit beeinflufst, dafs sie in ihrem Abkühlungsstadium schon sehr weit vorgeschritten war, als sich ihr einziger Trabant, der Mond, von ihr trennte, weshalb derselbe auch eine verhältnismäfsig gröfsere Masse aufweist.

Vergleichen wir mit dieser Ansicht Darwins die früher mitgeteilte Erklärung der Erscheinung, welche den geringeren Reichtum an Satelliten auf die gegen das Zentrum des rotierenden Gasballes zunehmende stärkere Verdichtung der die Planeten erzeugenden Materie zurückführte, so werden wir wohl am besten in der Vereinigung beider Anschauungen die Veranlassung zu jener Erscheinung sehen.

Wie wir schon früher auseinandersetzten, wurde Laplaces

Hypothese von Faye und anderen namentlich deswegen angegriffen, weil sie seine Annahme, dafs der glühende Gasball wie ein solider Körper rotieren müsse, für unstatthaft hielten. Läfst man aber diese Annahme fallen, so müfsten die sekundären Systeme der Satelliten alle rückläufig sein, während dies doch nur bei zweien zutrifft. Darwin setzt nun an Stelle von Laplaces Annahme nach dem Vorgange von Kirkwood (1864) wieder seine Theorie der Sonnengezeiten und sucht nachzuweisen, dafs, wenn auch die Massen, aus denen die Satelliten entstanden, zuerst in rückläufiger Rotation waren, dieselben doch infolge der Gezeitenreibung bald dahin kommen mufsten, dem Hauptplaneten nur mehr die eine Seite ihrer Kugel zuzuwenden, wie das heute noch unser Mond thut.

In diesem Stadium aber fand eine Umkehr der Drehung statt, denn es ist klar, dafs bei dieser Art der Bewegung die Umdrehungsrichtung mit der Fortschreitungsrichtung zusammenstimmen mufs. Da aber mit der zunehmenden Verdichtung die Rotationsgeschwindigkeit wachsen mufste, so blieb die hierdurch enstandene rückläufige Richtung erhalten.

Die rückläufige Bewegung der Satelliten des Uranus und des Neptun aber ist nach dieser Theorie noch ein Überbleibsel des ursprünglichen Zustandes, da bei der grofsen Entfernung dieser Planeten die Gezeitenreibung nicht stark genug war, um eine allmähliche Änderung der Drehungsrichtung zu bewirken.

Endlich hat Darwin seine interessante Theorie auch noch zur Erklärung einer Erscheinung zu benützen gesucht, welche im Sonnensystem einzig dasteht. Es ist dies die Bewegung des inneren der beiden kleinen Marsmonde, des Phobos, der seinen Umlauf um den Zentralkörper in mehr als dreimal kürzerer Zeit vollzieht, als dieser zu einer Umdrehung braucht. Nun ist es aber klar, dafs, wenn die Laplacesche Theorie richtig ist, kein Satellit eine gröfsere Umlaufsgeschwindigkeit haben kann, als die Rotation des Planeten beträgt, da ja in ersterer die ursprüngliche Rotationsgeschwindigkeit des Nebelballes fortlebt, aus dem er entstanden ist.

Um also diese rasche Bewegung des Phobos mit jener Hypothese in Einklang zu bringen, glaubte Darwin, annehmen zu müssen, dafs wohl ursprünglich die Rotation des Hauptplaneten und die Umlaufszeit des Satelliten gleich waren, dafs aber in der Folge die erstere durch die Sonnengezeiten so stark verzögert wurde, dafs letztere sie weit übertrifft. Wohl wurden auch gegen diese Erklärung Einwände laut, doch ist sie bis jetzt noch durch keine plausiblere er-

setzt worden, denn die von C. Wolf zu Hilfe gerufenen „traînées elliptiques", mit denen Roche seinerzeit die Entstehung der inneren Saturnringe erklärte, scheinen uns doch zur Lösung der Frage von der raschen Bewegung des Phobos nicht recht dienlich.

Blicken wir nun noch einmal zurück auf die Resultate, welche die neueste Zeit in Bezug auf die Entstehungsgeschichte des Sonnensystems zu Tage gefördert hat, so sehen wir, dafs die beachtenswertesten unter ihnen, mit Darwins mühevollen und geistreichen mechanischen Untersuchungen an der Spitze, den genialen Gedanken von Laplace wenigstens in der Hauptsache bestätigt haben. Zum mindesten haben uns die enormen Fortschritte, welche die beobachtende Astronomie seit Entstehen jener Idee aufweist, mit keiner Erscheinung bekannt gemacht, welche mit ihr so sehr im Gegensatze stände, dafs ein Aufgeben der Hypothese gefordert wäre, und die Entdeckungen der modernen Physik haben sogar wichtige Beweismomente für ihre Richtigkeit zu liefern vermocht. Auch erscheint der gegenwärtige Zeitpunkt am wenigsten dazu geeignet, diese Hypothese durch eine neue zu ersetzen, da wir bei der fortwährenden Vervollkommnung unserer optischen Hilfsmittel und der Ausdehnung unseres physikalischen Wissens gegenwärtig keineswegs an einen Abschlufs unserer Kenntnisse über das Planetensystem gelangt sind: dieselben vermehren sich vielmehr fast täglich durch neue Entdeckungen und die wachsende Genauigkeit der Beobachtungen.

Nun liegt es allerdings in der Natur unseres Problemes, dafs wir niemals in der Lage sein werden, jenen Urzustand des Sonnensystems mit absoluter Sicherheit anzugeben, denn wir sind ja darauf angewiesen, aus den Linien des Gemäldes, welches sich gegenwärtig darbietet, zu entziffern, wie dieses Bild einst vor Jahrmillionen aussah; aber unzweifelhaft lassen sich die Grenzen unseres Erkennens noch bedeutend hinausrücken, und dann wird vielleicht einmal ein Zeitpunkt kommen, wo Laplaces geniale Hypothese durch eine andere, bessere zu ersetzen ist.





Das Verhalten des Calcium-Spektrums bei wechselnder Dichtigkeit der Calciumdämpfe ist kürzlich von dem berühmten Spektralanalytiker Huggins und seiner nicht minder gelehrten Gattin experimentell auf photographischem Wege studiert worden, wodurch manche Eigenheiten des Sonnenspektrums aufgehellt worden sind.*) Huggins untersuchte das Calciumspektrum mittelst des elektrischen Funkens, indem er diesen zunächst direkt zwischen metallischen Calcium-Elektroden überspringen liefs. Es zeigte sich alsdann ein linienreiches Spektrum, in welchem eine blaue Linie bei der Wellenlänge 4227, sowie die ultravioletten Linien bei 3706 und 3737 fast eben so stark erschienen wie die bekannten Calcium-Linien H und K. Dieses Intensitätsverhältnis ist demjenigen im gewöhnlichen Sonnenspektrum sehr ähnlich. Huggins liefs aber alsdann den Funken zwischen Platinkugeln überspringen, welche mit einer starken Lösung von Chlorcalcium bestrichen waren. Nun zeigte sich eine entschiedene Prävalenz der H- und K-Linie. Jetzt wurde nach zweimaligem Waschen der Elektroden nur eine sehr schwache Chlorcalciumlösung aufgetragen. Der Erfolg war das ausschliefsliche Übrigbleiben der Linien H und K; diese blieben selbst dann noch schwach erkennbar, als das Salz sorgfältig von den Elektroden abgewaschen worden war. Huggins schliefst aus diesen Versuchen, dafs das Auftreten der verschiedenen Calciumlinien und ihr Intensitätsverhältnis nur von der Dichtigkeit der Calciumdämpfe, nicht aber von der Temperatur abhänge, denn die Funkentemperatur wurde bei allen Versuchen in gleicher Weise möglichst niedrig gehalten. Schon die allergeringsten Spuren des Metalls reichen aus, um sich durch das Auftreten der Linien H und K zu erkennen zu geben. So erklärt es sich denn auch, dafs diese beiden Linien auch im Spektrum der höchsten Protuberanzen noch neben den Wasserstoff- und Heliumlinien auftreten, worauf sich bekanntlich die Photographie dieser Hervorragungen, selbst wenn sie sich vor der leuchtenden Sonnenscheibe befinden, gründet, wie sie Hale und Des-

*) The Astrophysikal Journal, August 1897.

landres neuerdings ausgebildet haben. Sogar in solchen Entfernungen von der Sonnenoberfläche, in denen Wasserstoff spektroskopisch nicht mehr nachgewiesen werden kann, bleiben vielfach diese hartnäckigen Calciumlinien noch erkennbar. — Die eben besprochenen Versuchsergebnisse von Huggins haben für die Spektralanalyse auch eine allgemeinere Bedeutung, indem sie zeigen, dafs für das Aussehen der Gasspektra nicht, wie man bisher vielfach glaubte, allein die Temperatur, sondern auch die Dichtigkeit der betreffenden Gase mafsgebend ist. Dies wird in Zukunft bei Schlüssen in Bezug auf die Konstitution der Fixsterne zu berücksichtigen sein und mahnt überhaupt, bei ähnlichen Verallgemeinerungen, denen oft vorschnell ein allzu grofses Vertrauen geschenkt wird, recht vorsichtig zu verfahren. F. Kbr.



Luftwogen im Sinne der Helmholtzschen Theorie*) wurden am 7. November vorigen Jahres in ausgezeichnet deutlicher Ausbildung von einem Luftballon aus beobachtet, der in München unter der Leitung von R. Emden aufgestiegen war. Dicht über der Erdoberfläche lagerte zur Zeit des Aufstieges eine kalte ruhende Luftschicht von 2,7 °. In etwa 200 m Höhe zeigte sich jedoch eine Temperatur von 9,2 ° und zugleich eine beträchtliche Windstärke, welche den Ballon mit einer Geschwindigkeit von 12,5 m in der Sekunde in west-östlicher Richtung dahintrieb. Die Bedingungen zum Zustandekommen der Helmholtzschen Luftwogen an der Berührungsfläche der ruhenden kalten und der bewegten warmen Luftschicht waren somit vollständig gegeben. Das wirkliche Vorhandensein der Wogen wurde denn auch sofort durch einen Rückblick auf die durchfahrene Strecke bestätigt. Senkrecht zur Fahrtrichtung zeigten sich dicht über der Erdoberfläche parallele Nebelrollen, deren nicht weniger als 15 auf einer Breite von 7,5 km gezählt wurden. Mit Befriedigung konnte festgestellt werden, dafs auch die beobachtete Wellenlänge von 640 m aufs beste mit der theoretisch aus den gegebenen Bedingungen berechneten Wellenlänge übereinstimmte. Es liegt hier somit der erste Fall vor, in welchem Luftwogenwirkungen nicht nur vermutet und gesehen, sondern bei vollständiger Kenntnis der Luftgeschwindigkeiten und Temperaturen als durchaus der Helmholtzschen Theorie entsprechend nachgewiesen worden sind. F. Kbr.

*) Vgl. Himmel und Erde, IX, S. 438 f.



Anwendbarkeit der Spiegelteleskope.

Die Spiegelteleskope haben bekanntlich den Vorzug vor den Refraktoren, dafs die Lichtfülle, die sie bieten, eine gröfsere ist; sie bewähren also dort, wo es auf das Wahrnehmen schwacher Objekte ankommt, ihre Überlegenheit; in Beziehung auf die definierende Kraft, d. h. scharfe und richtige Wiedergabe der Bilder müssen sie jedoch den Refraktoren weichen. Mit dem Baue von Spiegelteleskopen ist man, gleichwie bei den modernen Refraktoren, in sehr grofse Dimensionen gegangen, was durch den Umstand bedingt war, dafs je mehr der parabolische Hohlspiegel vergröfsern sollte, desto entfernter von ihm der Vereinigungspunkt der gesamten Strahlen lag. Die Verhältnisse, welche zwischen dem Durchmesser des Spiegelparaboloids und der Fokuslänge (Entfernung des Brennpunktes des Spiegels) bestehen, hat man weniger beachtet; es giebt Teleskope, welche denselben Spiegelhalbmesser und dabei eine um den dreifachen Betrag verschiedene Fokusdistanz haben. Die Versuche mit so verschiedenen optischen Verhältnissen entsprangen eben der Notwendigkeit, je gröfser die Spiegelteleskope zur Erreichung grofser Lichtstärke gebaut werden mufsten, desto schwerfälliger sie also in Bezug auf Handhabung wurden, doch gleichzeitig mit geschickter Berücksichtigung der optischen Faktoren eine möglichste Kürze betreffs der Länge der Instrumente einzuhalten. Es giebt aber in dem Verhältnisse des Paraboloidhalbmessers zur Fokuslänge eine Grenze, welche nicht überschritten werden darf, wenn man an ein Teleskop die Anforderung stellt, dafs es noch klare, gute Bilder liefern und auch zu Messungszwecken brauchbar sein soll. Prof. Schaeberle hat vor einiger Zeit diese Verhältnisse theoretisch erörtert. Eine kleine, kreisförmige Scheibe, welche in der Fokusebene sich befindet und in der optischen Axe des Parabolspiegels ist, erscheint nur dann kreisförmig, wenn sich auch das Auge in der optischen Axe befindet, in allen andern Stellungen des Auges aber elliptisch. Denken wir uns nämlich auf dem Spiegel konzentrisch mit dessen Axe einen Ring abgegrenzt, so hat der Radius des Bildes der Kreisscheibe, welches durch Reflexion des Spiegelringes erzeugt wird, zwei verschiedene Werte, einen gröfseren und einen kleineren. Die Winkelhalbmesser des elliptischen Scheibchens nehmen ab und zu, je nachdem sich das Auge von der optischen Axe entfernt oder sich ihr nähert. Die Theorie ergiebt schliefslich, dafs das Verhältnis a:r, nämlich der Radius des durch Reflexion vom Spiegelringe erzeugten Bildes, dividiert durch den Radius des im Zentrum des Spiegels entstehenden Bildes, nur abhängig

ist von der Apertur (Öffnung) des Parabolspiegels und der Fokuslänge*). Es entsteht also ein die Reinheit der Bilder beeinträchtigender Effekt, der sich desto mehr äufsert, je weiter ab von der optischen Axe man das Bild betrachtet. Der Unterschied der Halbmesser beider Bilder ist je nach den Dimensionen von Öffnung und Fokuslänge des Teleskops mehr oder weniger auffällig, und das Verhältnis a:r bedeutet den Faktor, mit welchem der Halbmesser des Bildes im Zentrum multipliziert werden müfste, um die Differenz gegen den Halbmesser des durch Reflexion von den äufseren Zonen des Spiegels erzeugten Bildes auszugleichen. Schaeberle hat das Verhältnis a:r aus den bekannten Dimensionen der gegenwärtig auf verschiedenen Sternwarten befindlichen Teleskope berechnet und daran einige weitere Folgerungen geknüpft. Wir geben seine Tabelle hier wieder:

	Spiegel-halb-messer (engl. Fufs.)	Fokus-länge (engl. Fufs.)	Ver-hältnis a : r.	Differenz der Winkel-halbmesser für dieses Ver-hältnis.		Grenz-radius des Ge-sichts-feldes der besten Defi-nition.
				Saturn-Ring	Sonne oder Mond	
Rosse . . .	6.0	55.0	1.0033	0''13	6''	15''
Common . .	5.0	27.0	1.0077	0.31	14	7
Lassell . . .	4.0	37.0	1.0022	0.09	5	22
Melbourne . .	4.0	28.0	1.0039	0.16	7	13
Paris	3.9	23.4	1.0051	0.20	9	9
Crossley . .	3.0	17.3	1.0057	0.23	10	9
Draper . . .	2.4	13.0	1.0064	0.26	12	8
Lassell . . .	2.0	20.0	1.0019	0.08	3	25
Roberts . . .	1.7	8.2	1.0078	0.31	14	6
Common . .	1.7	3.7	1.0404	1.62	73	1
Schaeberle . .	1.5	12.3	1.0028	0.11	5	19
Draper . . .	1.3	13.0	1.0019	0.08	3	25
Schaeberee .	1.0	3.7	1.0141	0.56	25	4

Die auf das Verhältnis a:r folgenden Kolumnen 4 und 5 deuten an, wieviel der störende Effekt bei den einzelnen Spiegelteleskopen in Betreff der Winkelhalbmesser der Scheiben des äufseren Saturnringes sowie der Sonne und des Mondes ausmacht, wobei der durch

*) Wenn nämlich v der Winkel ist, den ein Halbmesser des reflektierenden Ringes des Spiegels mit der optische Axe macht, so ist $\frac{a}{r} = \frac{1}{\cos v \cos^2 \frac{1}{2} v}$ Bei sonst gleicher Fokuslänge wird also dieses Verhältnis desto gröfser, je gröfsere Werte v erreicht, d. h. je gröfser die Winkelöffnung des reflektierenden Spiegels wird.

Distorsion (Verdrehung des Bildes) erzeugte Fehler noch gar nicht berücksichtigt ist. Man sieht, dafs der Fehler am unerheblichsten bleibt bei den beiden Teleskopen von Lassell und dem zweiten Draperschen Instrumente. Für die Vorzüglichkeit dieser Apparate spricht der Beweis, dafs mit dem Lassellschen Fernrohr einst der Neptunsatellit, die beiden inneren Uranussatelliten und der schwächste der Saturnmonde entdeckt wurde, während das Drapersche Teleskop vorzügliche Mondphotographien gestattet hat. Bei allen drei Instrumenten steht aber die Öffnung zur Fokuslänge im Verhältnis wie etwa 1:9; je gröfser dieses wird, desto mehr steigt der Betrag des störenden Effektes und erreicht das Maximum bei dem kurzen Common-Spiegelteleskope, wo das Verhältnis fast 1:2,2 ist. Selbstverständlich schädigt die Verwaschenheit der Bilder die richtige Messung der Entfernungen bei Doppelsternen, sowie überhaupt alle Distanzbestimmungen. Schaeberle meint deshalb, dafs man sich bei den Distanzmessungen nicht über eine gewisse Gröfse bei den zitierten Teleskopen hinauswagen darf, um noch die Exaktheit der Resultate verbürgen zu können; und ferner, dafs überhaupt die Anwendbarkeit der Spiegelteleskope, sobald es sich um reine scharfe Bilder handelt und Messungen gemacht werden sollen, in eine gewisse Grenze des Verhältnisses zwischen Apertur und Fokallänge eingeschlossen ist, wie man aus den angeführten Zahlen ersieht. Für schwierige Himmelsobjekte fordert er jenes Verhältnis nicht unter 14:1. In der obigen Tabelle ist auch nach Schaeberle in der letzten Kolumne der Radius des Gesichtsfeldes notiert, innerhalb dessen noch eine gute definierende Kraft erreicht wird; die Zahlen sind unter der Voraussetzung berechnet, dafs die Messungen in diesem Felde auf mindestens 0,05 Sekunden genau sein sollen. Wie sich aus dieser Kolumne ergiebt, bewähren auch hier die Instrumente mit kleinem Verhältnis zwischen Apertur und Fokallänge ihre Überlegenheit; der zweite kurze Common-Spiegel besitzt das kleinste, für richtige Messungen noch geeignete Gesichtsfeld; ein solches Instrument wird also zwar wegen seiner Lichtfülle zu Entdeckungen sehr wohl, zu feinen Messungen aber fast unbrauchbar sein.



Diluviale Fufsspuren in Nevada.

Bei Carson-City im Staate Nevada lehnt sich an die aus andesitischem Eruptivgestein bestehenden Höhen des Pine-Nut-Gebirges eine etwa 50—60 Fufs hohe Terrasse nach Norden hin an, die aus

einem eigentümlichen Sandstein besteht und die Kennzeichen einer örtlich unter ganz besonderen Umständen entstandenen Bildung trägt. Einzelne Partien dieses Sandsteins stellen einen ganz zersetzten Granitgrus dar, der durch kohlensauren Kalk zu einem festen Sandstein verkittet ist. Deutlich kann man noch die Quarze und die zersetzten Feldspatkörner, vor allem aber die Biotitblättchen erkennen. Zwischen diesen Sandsteinbänken finden sich lockere Schichten aus Quarz und Kaolinkörnern, sowie dünne Thonbänkchen. Die Entstehung dieses Sandsteins ist auf eine am Fufse der Terrasse entspringende heifse Quelle zurückzuführen, die Kalksalze in grofsen Mengen gelöst enthält und nach der Art aller tuffbildenden Quellen ihren Weg vielfach geändert hat. Der Sandstein liefert ein vorzügliches Baumaterial, aus welchem fast alle öffentlichen Gebäude der Stadt errichtet sind, und man hat beim Steinbruchbetriebe mehrfach alte Quellengänge aufgeschlossen, deren Wandungen mit Kalktuff ausgekleidet waren. Einer dieser Steinbrüche bildet den Hof des Staatsgefängnisses in der Weise, dafs drei Seiten desselben von den 15—20 Fufs hohen, senkrechten Steinbruchswänden begrenzt werden, während die vierte Seite durch das Gebäude des Gefängnisses gebildet wird. Die Oberfläche dieses Hofes wird von drei verschiedenen Schichtflächen gebildet, die durch $^1/_2$—$1^1/_2$ Fufs hohe Absätze, die Abbrüche der einzelnen Bänke, von einander getrennt sind. Es hängt das mit einer schwachen 2—3^0 betragenden Neigung der Schichten zusammen. In diesem Gefängnishofe nun sind zwei durch eine Sandsteinbank getrennte dünne Thonschichten aufgeschlossen, die die ganze Oberfläche des Hofes einnehmen und ein hervorragendes Interesse durch Tausende von Fufsspuren in Anspruch nehmen, die auf dieser Oberfläche sich finden. Die meisten dieser Spuren rühren von Vögeln her. Tausende von Fährten stimmen in Bezug auf Form und Gröfse mit denen des amerikanischen Kranichs überein. Aufser ihnen erkennt man die Spuren eines Schwimmvogels, wahrscheinlich einer Gans. Von Säugetieren ist vor allem das Pferd zu nennen; von ihm sind auch Zähne in den überlagernden Sandsteinen gefunden, die zum Teil noch in den Kiefern stecken und ein aufserordentlich frisches Aussehen besitzen. Diese Pferdezähne weisen auf zwei aus dem Kalifornischen Diluvium beschriebene Arten hin: Equus pacificus und Equ. occidentalis. Bekanntlich sind in Nordamerika die Pferde, deren einhufige Formen zuerst im oberen Pliozän vorkommen, mit mehreren Arten durch das ganze Diluvium verbreitet und erst in der jüngsten geologischen Vergangenheit ausgestorben. Was heute an lebenden Pferden in Nord-

und Süd-Amerika sich findet, stammt ausschliefslich von importierten Tieren her. Auch das Mammut hat in gigantischen Fährten seine Spur hinterlassen. Nahe der östlichen Felswand des Hofes erkennt man zehn in gerader Linie angeordnete Elephanten-Fufstapfen, deren beide letzten durch Herstellung eines kleinen Tunnels aufgeschlossen und in sorgfältiger Weise blofsgelegt wurden. Diese Fufstapfen sind bei fast genauer Kreisform 3 Zoll tief und besitzen einen Durchmesser von 22 Zoll. Um die Fährte herum wurde ein Schlammwall von 1—2 Zoll Höhe emporgeprefst. Jede dieser Fährten besteht aus zwei Fufseindrücken, die sich fast genau decken, doch ist der Hinterfufs ein wenig über den Eindruck des Vorderfufses fortgeschritten, so dafs er nur den hintern 5 Zoll breiten Rand desselben freiläfst. Die Schrittlänge beträgt 8 Fufs. Die Richtigkeit der Deutung wird durch den Fund von Mahl- und Stofszähnen des Mammut bestätigt, und zwar ist es diejenige Elephantenart, die dem südlichen Nordamerika angehört, der sogenannte Elephas americanus, der das eigentliche Mammut, den im Norden des Landes lebenden Elephas primigenius, ebenso vertrat, wie in Europa dies in den südlichen Gebieten der Elephas antiquus that. Von anderen Tieren sind die Fährten eines Hundes oder wolfartigen Tieres zu nennen. Das gröfste Interesse aber erwecken etwa 120 Fufstapfen, die man auf den Menschen bezieht. Sie sind in etwa 6 längeren und 2 kürzeren Schrittreihen angeordnet, von denen mehrere bis an den Steilrand der Steinbruchswand sich verfolgen lassen und durch einen kleinen Tunnel auch noch unter den mächtigen Gesteinsbänken nachgewiesen sind. Dafs ein Vierfüfsler die Tapfen nicht gemacht haben kann, beweist das absolute Fehlen von Doppelspuren, da eine so mathematisch genaue Deckung der Stellung von Vorder- und Hinterfufs, zumal bei schlammiger Beschaffenheit des Bodens, nicht anzunehmen ist, wie sie bei der Voraussetzung des Vierfüfslers erforderlich wäre. Es ist demnach an ein aufrecht stehendes Geschöpf zu denken. Die Fufsform mufs ungewöhnlich schief gewesen sein, da die konkave Biegung der Innenteile des Fufsumrisses sehr stark ausgesprochen ist. Von Zehen ist nicht die geringste Spur zu bemerken, was kaum zu erklären wäre, wenn es sich um ein Tier handelte, da im übrigen der Thon die Zehenspuren aufserordentlich scharf anfbewahrt hat. Wenn man aber annimmt, dafs es sich um Menschenfüfse handelt, die in der Art der indianischen Moccasins eingehüllt wurden, so verliert das Fehlen der Zehen das rätselhafte. Dadurch würde sich auch die gewaltige, weit über menschliches Mafs hinausgehende Gröfse der

Spuren erklären, deren Länge 18—20 engl. Zoll beträgt, während ihre Breite 7—8 Zoll ausmacht. Diese Spuren sind 2—7 Zoll in den Boden eingedrückt und endigen nach unten mit einer Rundung, was ebenfalls für eine weiche Umwickelung des Fufses spricht. Ein weiterer auffälliger Umstand ist der Abstand der beiden Fufsspurenreihen von einander, der auf einen aufserordentlich gespreizten Gang hinweist; indessen erklärt sich vielleicht diese Gangart ebenso wie die Gröfse der Spuren durch die schlammige Beschaffenheit des Bodens, die einen unsichern Gang zur Folge haben mufste. Übrigens wird jeder die Beobachtung gemacht haben, dafs, wenn er einen solchen Schlammgrund überschritten hat, die zurückgelassene Spur aufserordentlich viel gröfser erscheint als unter normalen Verhältnissen. Die Länge der einzelnen Schritte beträgt im Mittel nur etwas über 2 Fufs und überragt also das menschliche Mafs nicht. Ihrem Alter nach sind diese Schichten auf das Diluvium zurückzuführen, wofür auch die in den Sandsteinschichten eingeschlossenen Molluskenreste sprechen. Es sind Arten der Muschelgattungen Anodenta und Sphärium und der Schneckengattung Physa, alles Süfswasserbewohner, die noch heute in der Umgebung leben. (Nach G. vom Rath.)





W. Kobelt: Studien zur Zoogeographie. Die Mollusken der paläarktischen Region. Wiesbaden. O. W. Kreidels Verlag. 1897. 344 S.

Der Verfasser bemüht sich in dem vorliegenden Werke, die Bedeutung der Mollusken für allerlei Fragen der Erdgeschichte zu entwickeln und weist in einem im ersten Kapitel abgedruckten Vortrage auf eine Reihe von Beispielen hin, in denen dieser Formenkreis der Tierwelt für wichtige Fragen der Erdgeschichte von Bedeutung ist, z. B. für die Entstehung der Polynesischen Inselwelt, für die Frage nach dem Alter der Sahara, für die Atlantisfrage und für die geologische Geschichte Südamerikas. Das vorliegende Werk ist in der Hauptsache den paläarktischen Mollusken gewidmet. In den einzelnen Kapiteln begründet K. die einzelnen zoogeographischen Regionen, wobei er insbesondere die Südgrenze der Paläarktis einer kritischen Besprechung unterwirft Er nimmt als solche die Sahara, die Gebirgsmassive, die von Arabien bis zum Pamirplateau sich erstrecken, und von da an das centralasiatische Hochland. Das 7. und 8. Kapitel sind von hervorragendem Interesse für den Geologen, da hierin die Geschichte der paläarktischen Molluskenfauna bis zur Eiszeit und während derselben eine eingehende Behandlung erfährt. Wir erfahren daraus, daſs die heutige Landconchylienfauna sich in ungezwungener Weise auf die ausgestorbenen Geschlechter älterer Formationen der gleichen Gebiete zurückführen läſst, und daſs viele Gattungen tief in das Tertiär und manche sogar bis in mesozoische Schichten sich zurückverfolgen lassen, und er weist ferner nach, daſs die Eiszeit in der Entwicklungsgeschichte der Landmollusken keine trennende Kluft bildet, sondern nur eine Episode darstellt, was schon aus dem Umstande hervorgeht, daſs die ältesten quartären Sedimente in ihrer Fauna fast gänzlich mit der heutigen übereinstimmen. Eine selbständige arktische Region wird für die Molluskenfauna verneint, und es wird nachgewiesen, daſs das ganze Gebiet nördlich von der alpinen Zone, die von den Pyrenäen bis zum Kaukasus hin gerechnet wird, eine einzige, die paläo-boreale Zone darstellt. Die letzten fünf Kapitel beschäftigen sich mit dieser alpinen Zone selbst. Eine speziellere Darstellung der südlich von dieser gelegenen Gebiete der Paläarktis will der Verfasser von der Aufnahme abhängig machen, welche dieses Werk in kompetenten Kreisen findet. Es ist zu hoffen, daſs diese Aufnahme ihn zur Fortsetzung seiner interessanten Studien ermuntert. K.

Willi Ule: Lehrbuch der Erdkunde für höhere Schulen. I. Teil für die unteren Klassen. Mit 2 farbigen und 65 Schwarzdruck-Abbildungen. Leipzig, G. Freytag 1897. 176 S. 8°. Preis gebunden M. 1,80.

Das Büchlein ist, entsprechend dem jugendlichen Kreise, an den es sich wendet, in klarer, leicht verständlicher Form geschrieben und trägt in jeder Beziehung den in dem heutigen geographischen Unterricht maſsgebenden Forderungen Rechnung, d. h. es giebt nicht eine trockene statistische Auf-

zählung von Namen, Zahlen und Daten, sondern führt in logischer Weise und von den einzelnen Erscheinungen ausgehend in das Verständnis der Länderkunde ein. Es ist dazu bestimmt, dem Schüler die häuslichen Arbeiten zu erleichtern, eine Aufgabe, der auch die beigegebenen, sorgfältig ausgewählten und fast durchweg gut ausgeführten Abbildungen dienen, die sich gröfstenteils auf Landschaftsformen und daneben auch auf Menschentypen beziehen. Es beginnt mit den Grundzügen der Heimatskunde, führt das Land und seine Erscheinungen, dann in derselben Weise die Stellung der Erde im Weltenraum und sodann die Grundzüge der Länderkunde vor. Der zweite Teil behandelt sodann im speziellen die einzelnen Länder, wobei das Hauptgewicht nicht wie früher auf die politische, sondern auf die natürliche Gliederung gelegt ist, sodafs beispielsweise im Deutschen Reiche die Alpen und ihr Vorland, das südwestdeutsche Gebirgsland, das mitteldeutsche Gebirgsland und das norddeutsche Flachland die geographische Gliederung darstellen. Hoffentlich erlangt das Büchlein die Verbreitung, die es verdient. K.

A. Drescher: Werden, Sein, Vergehen. Giefsen, J. Ricker 1897.

Diese Schrift verfolgt denselben Zweck, wie das in unserer Zeitschrift unlängst besprochene Buch von Zehnder, nämlich die einheitliche Erklärung des Wesens der Naturkräfte; während aber das letztere Werk auf physikalischem Boden ruht, ist die Methode der Dreschersehen Schrift eine rein philosophische. Der Verfasser will ohne den Äther als Grundprinzip der Erklärung auskommen. Er nimmt vielmehr die Existenz einer „metabolischen Substanz“ an, welche „sowohl Materie, wie Energie“ ist und sucht eine Wirbelbewegung dieser Substanz darzuthun, die mit den Kraftlinien der elektrischen Ringströme übereinkommt. Daraus wird dann das Wesen der physikalischen Kräfte, die Verschiedenheit der Aggregatzustände [der Körper u. s. w. abgeleitet. Der Verfasser geht aber über das Ziel der physikalischen Erklärungen noch hinaus, indem er sich weiter mit den Erscheinungen des tierischen und pflanzlichen Lebens, dem Denkprozefs und dem Unsterblichkeitsproblem beschäftigt.

Wildermann: Jahrbuch der Naturwissenschaften 1896—97. Freiburg i. B., Herders Verlag. Preis geb. 7 Mark.

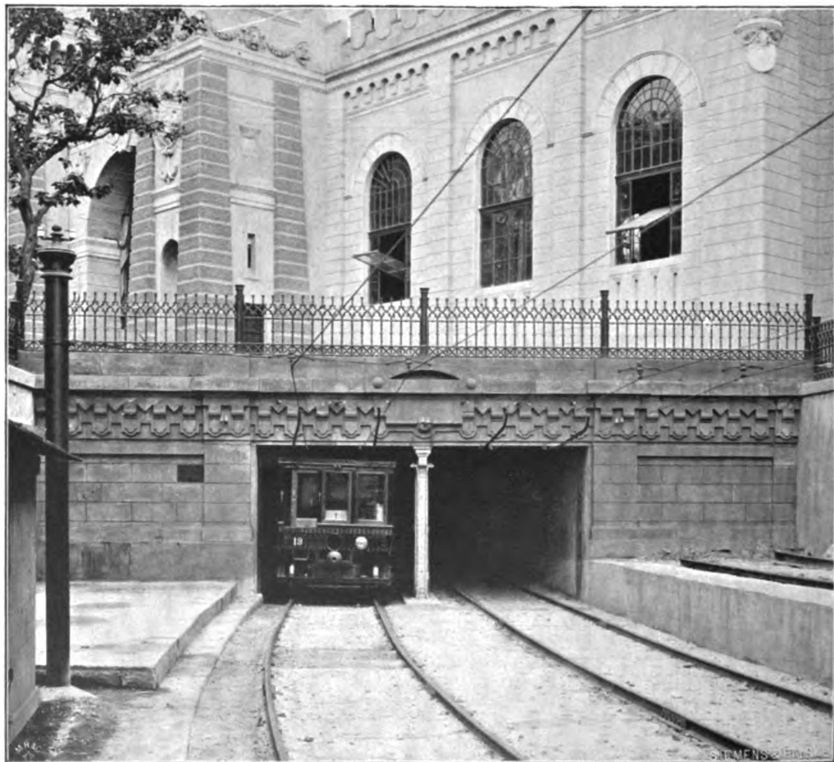
Auch der neueste Jahrgang des von uns schon wiederholt anerkennend besprochenen, populären Jahrbuchs der Naturwissenschaften ist mit löblicher Gründlichkeit und Vielseitigkeit bearbeitet. Aufser den im engeren Sinne naturwissenschaftlichen Disziplinen werden auch Anthropologie, Medizin und Gesundheitspflege, sowie Verkehr, Handel und Gewerbe behandelt. Ob sich unter den zahlreichen, zweckdienlichen Illustrationen gerade eine so problematische Erfindung, wie Batins Rollenschiff, am besten zum Titelblatt eignete, möchten wir bezweifeln. — Vielen Lesern wird die angehängte Übersicht über die Himmelserscheinungen (beim vorliegenden Jahrgang von Mai 1897 bis 1898 reichend) eine willkommene Zugabe sein. F. Kbr.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Baustelle in der Andrássystrafse, nach Fertigstellung der Sohle, Seitenwände und Decke.



Ansicht des Tunnelportals im Stadtwäldchen.



Über eine neue Bestimmung der mittleren Dichte der Erde durch Pater Braun.

Von F. K. Ginzel, ständ. Mitgl. d. Königl. Astron. Recheninstitutes in Berlin.

Zu den scharfsinnigsten Versuchen der Neuzeit, die Dichte unserer Erde und die Gravitationskonstante zu ermitteln, gehören die Arbeiten, welche der Jesuitenpater Dr. C. Braun, der verdienstvolle frühere Direktor der erzbischöflichen Sternwarte zu Kalocsa in Ungarn, vor kurzem vollendet hat. Die Anordnung dieser Experimente ist so interessant, dafs wir durch eine etwas ausführlichere Darlegung derselben in unserer Zeitschrift die Aufmerksamkeit der Leser in Anspruch zu nehmen uns wohl erlauben dürfen.

Gravitationskonstante und mittlere Dichte der Erde stehen in einem nahen Zusammenhang zu einander. Das Newtonsche Gravitationsgesetz drückt aus, dafs die gegenseitige Anziehung P zweier Massen m und m_1, die sich in der Entfernung a von einander befinden, nach dem Gesetze $P = \frac{m\,m_1\,k}{a^2}$, nämlich nach dem Quadrate der Entfernung erfolgt. Die Kraft k, welche die Intensität der Anziehung für einen bestimmten als Einheit angenommenen Abstand der Massen mifst, ist die Gravitationskonstante. Kann man demnach die Anziehung P zweier Massen durch das Experiment hinreichend genau bestimmen, so ergiebt sich hieraus auch die Gravitationskonstante. Nun wirkt die Erde mit ihrer Masse M auf jeden Körper an ihrer Oberfläche, indem sie ihn mit der Kraft $P = m \cdot g$ gegen den Erd-Mittelpunkt zieht, wo m die Masse des Körpers und g die Schwerkraft einer Masseneinheit an der Oberfläche ist. Es besteht also die Gleichung $P = m \cdot g = \frac{M \cdot m \cdot k}{R^2}$, wenn unter M die Masse der Erde und unter R ihr Halb-

messer verstanden wird. Somit ergiebt sich aus der gemessenen Anziehung auch die Masse der Erde und aus dieser wieder, da sie das Produkt aus dem Volumen in die mittlere Dichte repräsentiert, die mittlere Dichtigkeit der Erde. Eine gefundene „mittlere" Dichte von 5,48 besagt: wenn die Masse der Erde durchaus gleich verteilt wäre, würde eine Volumeneinheit der Erde 5,48 mal schwerer sein als die gleiche Volumeneinheit reinen Wassers bei 4° C.

Der Wege, die Anziehung der Erde auf Körper zu messen und daraus die oben erwähnten Gröfsen zu berechnen, giebt es mehrere. Wir können uns hier jedoch nur mit derjenigen Methode beschäftigen, in deren Bahn auch die Braunschen Experimente getreten sind.

Um das Prinzip des Braunschen Verfahrens zu verstehen, mufs man mit der Erklärung zuvor auf die Versuche von Cavendish im Jahre 1798 zurückgreifen. Dieser Physiker suchte die Anziehung P, welche übrigens selbstverständlich nur eine sehr kleine Grösse sein kann, dadurch zu ermitteln, dafs er sie mit einer bekannten Kraft verglich und mafs, und als letztere verwendete er die Torsionskraft eines Silberdrahtes. Befestigt man einen feinen Draht an dem einen Ende und hängt an das untere Ende eine schwere Metallkugel, so wird die Kugel in der Ruhelage vertikal herabhängen; dreht man die Kugel aber um die Vertikalaxe um einen Winkel und läfst sie dann los, so führt die entstehende Torsionskraft den Draht wieder zurück, und die Kugel wird um die Vertikalaxe mit steigender Geschwindigkeit so lange rotieren, bis der Draht wieder seine ursprüngliche Lage erhalten hat, wobei die allmählich langsamer gewordene Bewegung umkehrt und sich mehreremale wiederholt. Die hin und hergehende Bewegung der Kugel vollzieht sich mit abnehmender Schwingungsweite (Amplitude), und, wie genaue Versuche zeigen, ist die Torsionskraft des Drahtes immer proportinal dem jedesmaligen Torsionswinkel. Cavendish benutzte bei seinen Experimenten einen von Michell konstruierten Apparat, der in Fig. 1 dargestellt ist. An der Decke des Beobachtungslokales ist ein feiner Metalldraht befestigt, an dessen unterem Ende ein leichter möglichst sorgfältig gearbeiteter Hebel aus Tannenholz AB aufgehängt wird. Der Hebel endet in zwei genau gleichen kleinen Kugeln A und B und hat dort auch zwei mit Teilungen versehene Elfenbeinplatten CD und C′ D′. Die Beobachtung der Teilungen geschieht durch zwei Fernrohre, welche den Teilungen gegenüber in die Mauer des Beobachtungslokals eingelassen sind. Die Aufhängung ist, um jede Luftströmung abhalten zu können, mit einem Holzgehäuse umgeben, welches gegenüber den zwei kleinen Kugeln zwei Glasfenster

hat, durch welche hindurch man mittelst der beiden Fernrohre die Bewegungen des Holzhebels beobachten und messen kann. In der Ruhelage nimmt der Hebel eine völlig horizontale, in die Visierlinie der Fernrohre fallende Stellung ein. Wird der Hebel aber um einen Winkel gedreht und dann sich selbst überlassen, so wird die entstehende Torsionskraft ihn wieder in die Gleichgewichtslage zurückzubringen suchen. Er beschreibt also eine Anzahl Oscillationen, bevor er zur Ruhe kommt. Auf seine Schwingungen ist ohne weiters das Schwingungsgesetz eines Pendels anwendbar, da zwischen den Bewegungen des Vertikalpendels und des Holzhebels nur der Unterschied besteht, dafs sich die Oscillationen des letzteren in einer horizontalen statt einer vertikalen Schwingungsebene vollziehen. Man

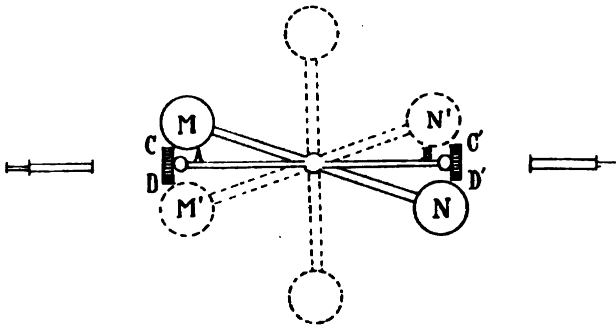


Fig. 1.

kann also hier, wie beim Pendel, aus der beobachteten Zeitdauer der Schwingungen die Kraft berechnen, welche den Hebel in einer bestimmten abgelenkten Lage erhält.[1]) Indem man die Ablenkung an den Teilungsstrichen beobachtet, erhält man ferner hieraus die Kraft, welche wir mit gleicher Gröfse an den Enden des Hebels, in A und B, angreifen lassen müssen, um der Torsionskraft des Drahtes entgegen zu wirken und den Hebel wieder in die Ruhelage zu bringen. Man wird also den Abstand der Teilstriche auf den Elfenbeinplatten und das Gewicht der kleinen Kugeln ermitteln, darauf nach jeder Drehung mittelst der Fernrohre die Ablenkung ablesen und mittelst der vorher bestimmten Schwingungsdauer jene Kräfte durch Rechnung bestimmen. — Aufserhalb des Gehäuses, in welchem sich

[1]) Ist nämlich l die halbe Länge des Hebels, p das Gewicht der kleinen Kugeln A oder B, und t die Dauer einer Schwingung, so ist die Kraft $f = \frac{2\pi^2 p l^2}{g t^2}$, wo g die Schwere der Masseneinheit an der Erdoberfläche.

der Hebel und Draht befinden, sind an den Enden eines Stabes zwei grofse, schwere Bleikugeln befestigt. Der Stab kann mittelst eines Gestelles von aufsen her, so dafs niemand den Beobachtungsraum zu betreten braucht, derart bewegt werden, dafs man den Kugeln jede Position gegen die Gleichgewichtslage AB geben kann. Stehen die Bleikugeln senkrecht zu dem Hebel AB (in der Figur punktiert), so bemerkt man keine Bewegung des Hebels, weil die kleinen Kugeln A und B von den grofsen ganz gleichmäfsig angezogen werden; der Beobachter beobachtet diese Gleichgewichtsstellung an den Teilstrichen der Elfenbeinskalen und notiert dieselbe. Sobald nun aber durch Drehung des Systems die Kugeln in die Stellung MN gebracht werden, überwiegt jetzt die Attraktion von M auf A und von N auf B; der Hebel kommt ein wenig aus der Ruhelage, bewegt sich und steht erst still, wenn die Anziehung von M auf A und von N auf B der oben genannten Kraft gleich geworden ist, welche wir an den Enden des Hebels angreifen liefsen, um der Torsionskraft entgegen zu wirken. Demnach wird also die gegenseitige Anziehung der grofsen Kugeln auf die kleinen durch die Torsionskraft des Drahtes gemessen. Wenn wir somit die Ablenkung der kleinen Kugeln an den Teilungsstrichen beobachten, läfst sich die Gröfse jener angreifenden Kraft oder, was jetzt dasselbe ist, die ihr gleiche Anziehung der grofsen Kugeln auf die kleinen berechnen. In gleicher Weise resultiert die Gröfse der Kraft aus einer zweiten Lage M′ N′ der grofsen Kugeln. Die Beobachtung giebt den ursprünglichen Abstand der Mittelpunkte der Kugeln M von A, und N von B, sowie nach der Ablenkung den neuen Abstand D. Aus den zwischen den Kugeln wirkenden Anziehungen F und den ermittelten Abständen D läfst sich aber das Gewicht der Erde und aus diesem die mittlere Dichte berechnen. Zwischen der Anziehungskraft F und dem Gewichte p der kleinen Kugel A besteht nämlich die Gleichung $\frac{F}{p} = \frac{P \cdot R^2}{P' \, D^2}$, wo P das Gewicht der grofsen Kugel M, P′ das Gewicht der Erde, D der erwähnte beobachtete Abstand und R der Erdhalbmesser ist. Da F berechnet, p bestimmt, und P, R und D bekannt sind, ergiebt sich auch das Gewicht der Erde P′; letzteres ist aber gleich dem Produkte des Erdvolumens und der mittleren Dichte, woraus schliefslich die letztere bekannt wird.

Cavendish erhielt auf diese Weise, indem er mit der Torsionskraft eines Silberdrahtes als Mafs für die zwischen den Kugeln wirkende Anziehung operierte, aus einer Reihe von Versuchen die mittlere Erddichte = 5,48. So einfach das Prinzip der beschriebenen „Dreh-

wage" ist, und so leicht die letztere auf die Einwirkungen der Kugeln reagiert, so ist doch eine verläfsliche Ableitung der mittleren Erddichte mit mancherlei Schwierigkeiten verknüpft. Ein nicht geringes Hindernis bieten die notwendigerweise sehr schweren Massen der Kugeln, mit denen experimentiert werden mufs; ferner soll der Bewegung des Hebels keine Reibung entgegenstehen; die gewöhnlichen Drähte besitzen aber keine vollkommene Elastizität, welche eine Reibung vermeiden würde, sondern leiden an dem Übelstande einer gewissen elastischen Nachwirkung, welche die richtige Ablenkung des Hebelarmes beeinflufst. Aufserdem sind Luftströmungen, Temperaturschwankungen u. dgl. sehr schwer zu vermeiden. Diese übrigens hier nur einigermafsen andeutbaren Schwierigkeiten haben die Physiker seit Cavendish zu vielfältigen Verbesserungen der Versuche angespornt. Reich experimentierte mit verbesserter Drehwage 1837 und 1849 im Freiberger Bergwerke; er erhielt zwei Werte der mittleren Dichte von 5,48 und 5,58; Baily fand 1841 in London, bei Anwendung eines längeren Hebels und schwererer Massen: 5,675. Cornu und Baille (1870) umgingen die Übelstände, die aus dem langen Hebel für die Versuche erwachsen; sie verwendeten eine Drehwage von nur $^1/_2$ m Länge, konnten aber dagegen einen sehr dünnen und sehr langen (4,2 m) Draht gebrauchen, wodurch die Empfindlichkeit des Apparates sehr gesteigert wurde; als störende Massen nahmen sie eiserne Hohlkugeln, die mit Quecksilber gefüllt waren. Die Resultate schwankten trotz der erheblichen Verbesserungen zwischen 5,56 und 5,50. In neuester Zeit gelang es endlich Professor Boys, vollkommen elastische Fäden aus geschmolzenem Quarz herzustellen, die den Übelstand der „elastischen Nachwirkung" nicht besitzen und sich darum zur Aufhängung der Drehwage vorzüglich eignen. Boys gestaltete seinen Apparat möglichst klein. Der Arm der Drehwage war nur 23 mm lang, die daran befestigten Goldkügelchen nur 2 gr schwer; die anziehenden Kugeln hatten ca. 7 kg im Gewicht und waren völlig frei von Hohlräumen. Aufserdem war der Apparat sehr sorgfältig aufgestellt, so dafs Störungen sich nicht leicht geltend machen konnten. Boys erhielt 5,527; seine Arbeit ist wahrscheinlich unter allen mit der Drehwage unternommenen Versuchen zur Bestimmung der mittleren Erddichte die genaueste. Eine grofs angelegte Messungsarbeit, die Eötvös in Pest unternommen hat, und die noch nicht abgeschlossen ist, hat als vorläufiges Resultat 5,529 ergeben. Mit Professor Jolly in München beginnen um 1880 die Versuche, die mittlere Erddichte durch die gemeine Wage zu bestimmen. Das Prinzip derselben beruht darauf,

zuerst auf der Wage eine Kugel abzuwägen und dann eine andere schwere Kugel in einer bestimmten Entfernung unter die Schale mit der ersten Kugel zu legen und neuerdings abzuwägen. Der Gewichtsunterschied bestimmt, wenn noch der Effekt der zweiten Masse auf Schalen und Wagebalken eliminiert wird, die Anziehung zwischen den beiden Kugeln. Auf diese Versuche, die uns zu weit führen würden, können wir hier nicht näher eingehen und wollen deshalb nur notieren, dafs die von Jolly ermittelte Erddichte 5,692 beträgt, und dafs die auf ähnlichen Wegen gefundenen Resultate von J. H. Poynting (1878 und 1890) 5,69 und 5,493, von Wilsing in Potsdam (1888) 5,58 und von Richarz und König in Spandau (1891—96) unter Aufwendung grofsartiger Mittel erlangten Werte 5,505 sind.

Aus den verläfslichsten der neueren Arbeiten läfst sich erkennen, dafs der wahrscheinlichste Betrag der mittleren Erddichte etwa bei 5,525 liegen dürfte. Indessen sind die Unterschiede der einzelnen Bestimmungen gegen einander immer noch sehr beträchtlich; sie erreichen $^1/_3$ pCt. und geben Zeugnis von den Schwierigkeiten, welchen die Ausführung der Experimente begegnet. Besonders leiden die Messungen der Bewegung des Hebelarmes unter dem störenden Einflufs von Luftströmungen, welche sich bei der geringsten Ungleichheit der Temperatur im Apparate bilden. Man hat deshalb die Apparate mit Umhüllungen versehen und in Räumen von möglichst gleichförmiger Temperatur, wie in tief liegenden Kellern, Kasematten, Schachten, beobachtet; doch ist dieser Einflufs nie vollständig zu beseitigen gewesen.

Pater Braun gründete deshalb eine neue Methode, die Drehwage zu gebrauchen, auf den Gedanken, den Apparat in einen möglichst luftleeren Raum einzuschliefsen. Da es bei dem gewöhnlichen Verfahren mittelst Luftpumpen sehr schwierig ist, ein Vakuum so herzustellen, dafs sich der luftleere Raum längere Zeit konstant erhält, verfuhr Pater Braun derart, dafs er den Rezipienten oben mit einem Glashahne versah, durch welchen die Luft aus der Glocke ausgesogen wurde. Die Unterlage der Glasglocke, der Glasteller, war also nicht durchbrochen, wie bei gewöhnlichen Luftpumpen, und stand mit der Glocke in fester Verbindung. Dieser Anordnung ist es vorzüglich zu verdanken, dafs sich das Vakuum mehr als 4 Jahre völlig ungeändert erhielt. Hierdurch erreichte aber der Experimentator den sehr grofsen Vorteil, von kostspieligen Vorkehrungen, wie der Aufstellung des Apparates in tief gelegenen, bezüglich der Temperatur konstanten Räumen, ganz absehen zu können. Es genügte vielmehr

hierzu ein bescheidenes Wohnzimmer im Stifte Mariaschein in Böhmen, wohin sich Pater Braun nach Aufgabe seiner öffentlichen Wirksamkeit zurückgezogen hatte.

Die Braunsche Drehwage ist aus einem Gestell von drei Messingrohren zusammengesetzt, indem an ein axiales Rohr drei andere als Beine angelötet sind. In dem axialen Rohre steckt ein verschiebbares Röhrchen, an welchem der Aufhängedraht des Hebels befestigt ist. Dieser geht durch das Rohr und trägt unten den Hebel. Der letztere ist aus Kupferdraht und hat eine Länge von $24\frac{1}{2}$ cm; an ihm sind die vergoldeten Kugeln m und m′ aufgehängt (s. Fig. 2). Mittelst Verschiebung der Ebonitstreifen E und E′ durch eine Schraube kann man bewirken, dafs die Kugeln genau in gleicher Höhe hängen, sowie, dafs der Spiegel S in der Mitte eine senkrechte Stellung einnimmt. Die Kugeln sind etwa je 54 gr schwer. Dieses Gestell

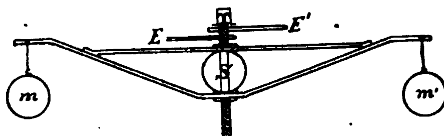


Fig. 2.

samt dem Hebel steht nun auf einem sehr starken Glasteller von 30 cm Durchmesser und wird ganz von einer hohen Glasglocke eingeschlossen. In dem oberen Teile dieses Rezipienten befindet sich der schon erwähnte Glashahn, durch welchen die Luft der Glocke ausgesaugt wird. Zur Fundamentierung der Aufstellung ist in einer Ecke des gewölbten, etwa 4 m hohen Wohnzimmers, in welchem die Beobachtungen gemacht wurden, eine starke Steinplatte F eingemauert (s. Fig. 3). Durch diese Platte gehen 3 starke Schrauben, welche mittelst dreier Flantschen f einen starken Eisenring mit dem in diesem ruhenden Glasteller T halten. Nachstehende Figur 3 zeigt auch die Glasglocke mit dem Gestell für die Aufhängung der Drehwage; von dem Hebelarm der letzteren ist vermöge der Projektion nur eines der Kügelchen m und der Spiegel S sichtbar. Etwa 80 cm über der Steinplatte ist eine starke Platte aus Holz festgeschraubt (H). Konzentrisch zur Drehwage ist in derselben eine kreisförmige Öffnung ausgesägt, auf welcher eine Scheibe aus Zinkblech (Z) in Form eines Ringes liegt. Dieselbe ist am Rande mit einer guten Teilung versehen und vermöge ihrer Lagerung auf vier Friktionsrollen leicht drehbar. Sie trägt nun mittelst $\frac{1}{2}$ mm starker Drähte die Massen, welche auf die kleinen Kügelchen der Drehwage ein-

wirken sollen. Braun verwendete zwei Messingkugeln von 5,1 kg und zwei mit Quecksilber gefüllte Eisenkugeln von 9,15 kg im Gewicht. Wird die Zinkscheibe mit ihrer Teilung auf 0° gestellt, so stehen die Massen mit den Kügelchen der Drehwage in einer Linie, sie können also auf die letzteren nicht ablenkend wirken, verkürzen aber die Zeitdauer der Schwingungen. Verschiebt man die Zinkscheibe auf einen weiteren Punkt der Teilung, so kommen die schweren Kugeln in die schon in Fig. 1 angedeutete Lage und be-

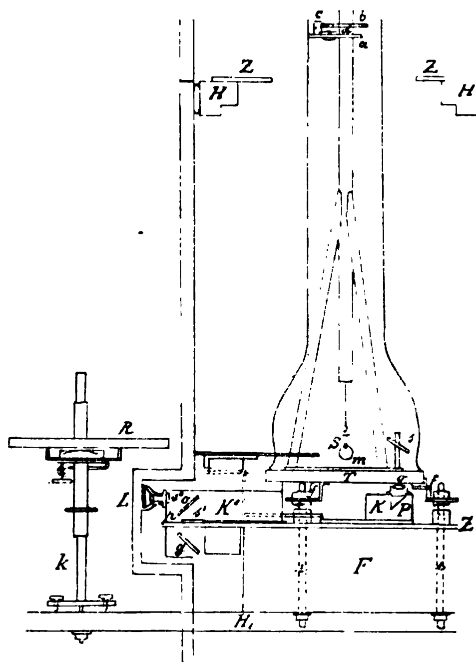


Fig. 3.

wirken durch ihre Anziehung eine Ablenkung des Hebelarmes aus der Ruhelage. Die Verfolgung beider Effekte, sowohl der Schwingungsdauer wie der Ablenkung, führt zu zwei verschiedenen Methoden für die Ermittlung der mittleren Dichte, der Oscillationsmethode und der Deflektionsmethode. — Die Beobachtung der Bewegung des Hebels etwa mit Ablesefernrohr direkt durch die Wand der Glasglocke ist selbstverständlich ganz unzulässig; die Ablesung kann vielmehr wegen des Hindernisses der Glasglocke nur vermöge einer komplizierten Ablesevorrichtung geschehen. Die letztere befindet sich auf einer Platte Z′ angeordnet. In dem einen Kasten K auf dieser Platte ist gegenüber dem Objektive o das

Reflexionsprisma P angebracht; in den anderen Kasten K′ gelangt auf eine Glasskala s′ mit eingeritztem Index Tageslicht mittelst des 45 Gradspiegels g. Die Skala s″, an welcher der bei L befindliche Beobachter beobachtet, steht auf der Platte p. Die Strahlen des Tageslichtes gehen von dem Spiegel g durch die Skala auf den 45 Gradspiegel σ, von da zu dem Reflexionsprisma P, gelangen auf den 45 Gradspiegel s und werden von diesem schliefslich auf den Spiegel S des Hebelarmes geworfen. Von letzterem kommen sie auf P zurück und werden von hier ein wenig oberhalb des Spiegels σ vorbei auf die eigentliche Beobachtungsskala s″ reflektiert. Man erblickt dort mit einer Lupe die Skalenteile und gleichzeitig mit diesen das Bild der Indexkreuze, deren Stand immer parallel geht mit den Bewegungen des Hebelarmes. Obwohl bei dieser Einrichtung das Tageslicht zwölfmal reflektiert und an 48 Glasflächen gebrochen wird und viel davon fürs Auge verloren geht, hat der Experimentator das Tageslicht doch fast immer ausreichend für scharfe Ablesungen gefunden.

Zum Schutze gegen Temperaturänderungen ist um die Glasglocke ein Mantel von Zeug gelegt und aufserdem darüber eine zylindrische Blechhülle gesetzt. Der ganze Apparat wird ferner von einem hölzernen Schrein umschlossen, der vom Fufsboden bis zur Zimmerdecke reicht. Der Schrein teilt sich durch Querwände in drei Abteilungen mit drei gut schliefsenden Thüren. Tageslicht fällt auf die zu beobachtenden Teile des Apparates durch einige kleine Fenster des Holzschreines.

Eine eigentümliche Schwierigkeit der Handhabung des Apparates entsteht durch folgenden Umstand. Wenn man den an dem Draht aufgehängten Hebel lange Zeit in seiner Ruhelage läfst und seine Stellung mittelst des Indexkreuzes und der Skala s″ bei L beobachtet, so sollte zu erwarten sein, da doch keinerlei Kräfte die Ruhelage des Hebels verändern, dafs der Index immer nahe der Mitte der Skala verharren müfste. Dies ist aber nicht der Fall, vielmehr nimmt man schon nach einigen Monaten eine fortschreitende Verschiebung des Index wahr. Dies ist ein Beweis dafür, dafs vermöge der Schwere des Hebels (obgleich diese nur eine sehr geringe ist) auf den Draht ein Nachgeben, eine langsam verlaufende Detorsion, ausgeübt wird. Der Hebel macht also trotz Ruhelage langsame, aber ganz ansehnliche „Wanderungen“. Die richtige Beobachtung der Ablesung der Hebelstellungen würde demnach unmöglich werden, wenn man die Ruhelage, resp. die nahe Koïnzidenz des Index mit der Skalamitte nicht beliebig

herstellen könnte. Da das Vakuum unter der Glasglocke indessen in keiner Weise gestört werden darf, so ist zur Herstellung der Ruhelage eine besondere Einrichtung nötig. An dem Gestell der Drehwage ist oben eine Platte a angebracht, welche durch eine ausgesägte Öffnung ein Uhrräderwerk mit nach unten gekehrtem Zifferblatte aufnimmt. Eine mit diesem Werk in Verbindung stehende Hülse trägt eine Magnetnadel d. Bewegt sich diese, so dreht sich auch das Federhaus des Uhrwerkes. Das Federhaus überträgt aber seine Bewegung durch den Trieb c auf das Zahnrad b, welches an das axiale Rohr des Gestelles der Drehwage angebracht ist. Wird von aufsen her also der Glocke ein starker Magnet genähert, so bewegt dieser die Magnetnadel, und diese wieder bewirkt eine Drehung des Rohres, und somit läfst sich auf diesem einfachen Wege die verlangte richtige Einstellung des unten hängenden Hebels erreichen.

Um die Bedingung erfüllen zu können, dafs die schweren Kugeln M mit den kleinen m genau in gleicher Höhe sich befinden, steht links von der Glocke auf der Platte H_1 ein Kathetometer R auf einem Ständer k, durch welches der Stand der Kugeln beobachtet wird. Das Kathetometer hat am Okularende des Rohres R einen Horizontalspalt, aufserdem Libelle und entsprechende Einrichtungen, um die Standmessungen der Kugeln ausführen zu können.

Die Operationsfähigkeit des Apparates erfordert noch eine Anzahl Nebeneinrichtungen, auf deren Beschreibung wir nicht weiter eingehen wollen. Es betrifft dies namentlich die Ermittelung der Distanz, in welcher die schweren Kugeln sich jedesmal befinden, ferner die Prüfung der genau zentrischen Lage des Aufhängungsdrahtes gegen die Zinkscheibe u. dgl. Zu dem Apparate gehören aufserdem noch die Uhr, an welcher die Zeitdauer der Oscillationen gemessen wird. Die Kontrole des Ganges der Uhr erfolgt durch astronomische Zeitbestimmungen mittelst des Sextanten. Ferner gehört dazu die Luftpumpe zur Herstellung des Vakuums und eine besondere Weckvorrichtung, welche die Durchgänge des Torsionspendels durch die Normallage, die sehr langsam und in grofsen Pausen erfolgen, durch ein elektrisches Läutewerk vorher anzeigt. Selbstverständlich mufs zur Verwertung der Beobachtungen eine genaue Bestimmung sämtlicher „Konstanten“ des Apparates vorhergehen, d. h. derjenigen Teile, welche in die Messungen oder in die Rechnung eingehen, wie die Torsionskraft des Drahtes, der Winkelwert der Skalenteile, das Gewicht der Kugeln, die Trägheitsmomente des Hebels mit und ohne Kugeln u. s. w.

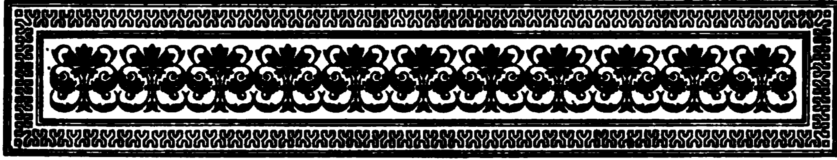
Die Vorarbeiten zu dem Apparate hat P. Braun schon 1886

begonnen. Er befand sich aber nicht in der beneidenswerten Lage anderer Physiker, die ansehnliche Geldmittel von Staats wegen und physikalische Werkstätten zur Ausführung ihrer Ideen zur Seite haben. Für ihn lag die Sache vielmehr so, dafs er selbst pekuniäre Opfer bringen mufste und einen sehr grofsen Teil des komplizierten Instrumentes mit eigenen Händen zu verfertigen hatte! Aufser dem Aufhängedrahte, der Glasglocke, der Uhr, dem Chronographen, verschiedenen Mikroskopen, der Luftpumpe, und nebensächlichen Teilen ist ihm von Mechanikern nichts geliefert worden; die Luftpumpe hat er zudem schliefslich durch eine selbstgefertigte ersetzen müssen. Die Aufgabe, einen so kompendiösen Apparat nach allen Richtungen hin funktionsfähig selbst auszubauen, setzt eine aufserordentliche Geschicklichkeit in mechanischen Arbeiten voraus, wie man sie bei Gelehrten nicht eben häufig findet. Unter den schwierigen Verhältnissen, unter denen P. Braun arbeitete, war es ihm erst 1892 möglich, mit den Beobachtungen zu beginnen; 1894 sind dieselben vollendet und in Rechnung genommen worden. Die Reduktion ist mit minutiöser Feinheit, unter Rücksichtnahme auf alle dem Apparate etwa anhaftenden Fehlerquellen, geführt. Das Endresultat nach Berücksichtigung aller Korrektionsrechnungen ergiebt für die mittlere Erddichte = 5,52725[2], und dementsprechend für das Gewicht der Erde 5 Quadrillionen 987047 Trillionen kg; es kommt also dem schon Eingangs als bestes unter den bisherigen bezeichneten Resultate von Boys sehr nahe.

Wenn man, abgesehen von dem höchst bedeutenden wissenschaftlichen Wert der neuen Untersuchung, noch erwägt, dafs Pater Braun in schon vorgerückten Jahren sich befindet, hochgradig schwerhörig ist, und sein Gesundheitszustand in den letzten Jahren manches zu wünschen übrig gelassen hat, dafs er, obwohl er zu solchen Arbeiten keinerlei amtliche Verpflichtungen hatte, über elf Jahre dieser Sache opferte, so wird man uns zustimmen, wenn wir sagen, die Braunsche Arbeit sei ein seltener Beweis für die wissenschaftliche Energie und ideale Aufopferungsfähigkeit eines einzelnen Mannes.

[2]) Nach weiterer Verschärfung der Reduktionsrechnungen 5,52765.





Zur deutschen Tiefsee-Expedition des Jahres 1898/99.

Von **Dr. Lakowitz** in Danzig.*)

Noch bis zum Anfange dieses Jahrhunderts herrschten die wunderbarsten Vorstellungen von der vertikalen Ausdehnung, der Beschaffenheit des Bodens der Ozeane, von der Möglichkeit bezw. Unmöglichkeit der Existenz einer Tierwelt in grofsen Meerestiefen. Auch trotz des glücklichen Fanges von lebenden Schlangensternen auf dem Grunde des nördlichen Polarmeeres in ca. 2000 m Tiefe durch Sir John Ross im Jahre 1818 konnte — leider war jene denkwürdige Entdeckung des berühmten Polarforschers schnell wieder in Vergessenheit geraten — noch 1841 auf der Versammlung der British Association die Hypothese des namhaften Forschers Edward Forbes von der Unmöglichkeit eines Tierlebens in Tiefen unterhalb 300 Faden öffentliche Zustimmung finden; kein Wunder, wenn das damals aufkeimende Interesse für die Tiefseeforschung wieder erlosch. Nur einige skandinavische Naturforscher, unter ihnen der durch seine Arbeiten über den Generationswechsel der Polypen und Medusen berühmt gewordene Michael Sars, liefsen sich nicht abhalten, an der atlantischen Küste ihres Heimatlandes der Tierwelt der Meerestiefen nachzugehen, wobei sie den von Forbes aufgestellten Satz nicht bestätigt fanden und eine untere Grenze für das Vorkommen der Meerestiere überhaupt nicht nachzuweisen vermochten.

Allein diese zu Anfang der fünfziger Jahre in stiller Arbeit gewonnenen Resultate führten eine günstige Wendung noch nicht herbei. Erst als die Vorarbeiten zur Legung der transatlantischen Kabel Ende der fünfziger Jahre sichere Beweise für das Vorkommen von Tieren in Tiefen von über 1000 Faden ergaben, und bald darauf zum gröfsten Erstaunen aller Welt an zerrissenen und deshalb aufgeholten Kabeltauen, die in 3600 m Tiefe gelegen hatten, Vertreter von nicht weniger

*) Nach einem vom Verfasser in der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig gehaltenen Vortrage.

als fünfzehn verschiedenen, höchst eigenartigen Tierformen festsitzend angetroffen wurden, erkannte man den Irrtum der bisher herrschenden Auffassung. Zugleich ging eine Ahnung darüber auf, dafs dort in den gewaltigen Tiefen „das goldene Land der Zoologen" läge, und es sich verlohne, alle Kräfte einzusetzen, um die dort schlummernden Schätze für die Wissenschaft zu heben.

Allen voran gingen in der praktischen Durchführung dieses Gedankens die Engländer. Nach einigen 1868—70 ausgeführten Vorversuchen im Atlantischen Ozean und Mittelmeer, die neue überraschende Funde lieferten, wurde bekanntlich 1872 jene grofsartige Reise der englischen Korvette Challenger unter Führung des rastlosen Edinburger Professors Wyville Thomson zur Erforschung der Tiefen aller Ozeane angetreten. Längst war durch die vorangegangenen Untersuchungen an die Stelle der abschreckenden Gestalten, mit denen die Phantasie des Dichters die unerforschten Tiefen des Meeres bevölkert hatte, eine entzückende formen- und farbenreiche Fauna gesetzt worden; doch das, was die Challenger im Mai 1876 aus den Tiefen des atlantischen, grofsen, südindischen Ozeans und südlichen Eismeeres an Tierformen mitbrachte, übertraf bei weitem die Erwartungen aller Beteiligten. Eine Fülle der Formen in reizvollster Abwechslung ergab sich, wie sie bisher kein Sterblicher geschaut hatte, ein Gesamt-Beobachtungsmaterial, das, von zahlreichen Forschern bearbeitet, schliefslich 42 starke Quartbände gefüllt hat. Erst 1895 ist dieser „Report of the Challenger expedition", an welchem von Deutschen Ernst Haeckel durch seine Bearbeitung der Radiolarien, der Schwämme und anderer Cölenteraten hervorragenden Anteil genommen, beendet.

Markieren die biologischen Ergebnisse der Challenger-Reise einen neuen Abschnitt in der zoologischen Wissenschaft, so ist jenes grofsartige Unternehmen zugleich der erste wirkungsvollste Anstofs zur Einleitung einer planmäfsigen Meeresforschung als neuen Wissenszweiges überhaupt geworden.

Schnell folgten die anderen Nationen, um auch zu ihrem Teile neue Beiträge zur Kenntnis der Tiefsee zu liefern. Grofse Summen wurden bereitwilligst zur Verfügung gestellt; wufste man doch, dafs diese wissenschaftlichen Untersuchungen zugleich wichtigen praktischen Interessen, wie der Legung der unterseeischen Kabel und an den Küsten der gewünschten Hebung des Grofsfischereibetriebes förderlich sein würden. Die Amerikaner wählten als Arbeitsfeld den Teil des atlantischen Ozeans längs der Antillen, sowie den pacifischen Ozean

von der Westküste Mexikos bis zu der Inselgruppe der Galapagos. Die Skandinavier nahmen die Meeresgebiete des hohen Nordens in Angriff. Die Franzosen untersuchten wiederholt das Mittelmeer und den östlichen Teil des atlantischen Ozeans in seinen niederen Breiten, die Italiener das Mittelmeer, die Österreicher dieses und neuerdings auch das rote Meer. Nicht unerwähnt mag bleiben, dafs aus privaten Mitteln der Fürst Albert von Monaco erfolgreiche Fahrten unternommen hat zur Erforschung der biologischen Verhältnisse in den Tiefen des Mittelmeeres und des atlantischen Ozeans bis zu den Azoren. Die Tiefen der grönländischen Gewässer sind im vorigen Jahre von den Dänen, diejenigen der hinterindischen Meeresabschnitte werden demnächst von den Holländern durchforscht.

Die Deutschen haben bisher eine eigentliche Tiefsee-Expedition nicht ausgerüstet. Zwar sind sie der Meeresforschung nicht ferngeblieben, wie die Leistungen der Kieler Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere und die Fahrt (i. J. 1889) speziell zur Ermittelung des Planktongehaltes an der Oberfläche und in geringer Tiefe des atlantischen Ozeans unter Leitung des Kieler Professors Hensen beweisen. Auch hat 1875 S. M. Schiff Gazelle auf ihrer Fahrt nach den Kerguelen die Tiefenverhältnisse der dortigen Teile des indischen Ozeans festgestellt. Indessen haben die ersteren Unternehmungen mit der Tiefsee überhaupt nichts zu thun, — sind doch Ost- und Nordsee nur flache Meere — und so kann man auch die Reise der „Gazelle", die ganz anderen Zwecken diente, den oben erwähnten Fahrten der genannten Nationen nur in beschränktem Sinne an die Seite stellen.

Viel ist bisher infolge des friedlichen Wettstreites der Nationen auf dem Gebiete der Meeresforschung geleistet. In Prachtwerken sind die Ergebnisse einer jeden Expedition zu einem unschätzbaren Gemeingut der Wissenschaft gemacht worden. Gewaltige Teile der Erdoberfläche sind hierbei erst unserer Kenntnis erschlossen. Das Bodenrelief der grofsen Meeresbecken ist gegenwärtig mindestens so gut bekannt wie dasjenige der trockenen Teile der Erdoberfläche. Die verkehrten Vorstellungen von den geradezu unergründlichen Tiefen der Meere sind geschwunden. Man weifs, dafs die gröfste Meerestiefe 8600 m[1]) nicht übersteigt und ungefähr der gröfsten Boden-

[1]) Nach neuerlichen Zeitungsnachrichten hat das engl. Kriegschiff „Pinguin" östlich von Australien zwischen den Gesellschafts- und Kermandek-Inseln drei grofse Tiefen von 9184 m, 9413 m und 9427 m gelotet. Die Bestätigung ist abzuwarten.

erhebung über dem Meere (Gaurisanker, 8 840 m) entspricht. Bemerkenswert ist hierbei, dafs die gröfsten Tiefen verhältnismäfsig nahe den Küsten der Kontinente liegen und nicht, wie man erwartet hatte, in der Mitte der Bodensenkung. In Bezug auf die Temperaturverhältnisse der Tiefen hat man feststellen können, dafs unterhalb ca. 1500 m in den warmen Meeren das Wasser wenig über 0°, im Norden bis 3° unter Null Temperatur hat, ohne dafs es zu einer Eisbildung auf dem Boden käme. Ewige Finsternis herrscht in jenen Tiefen, denn nach Versuchen mit photographischen Platten dringt das Licht nur höchstens bis 600 m tief ein. Weiter hat sich ergeben, dafs die der früheren Vorstellung nach jeglichen Lebens baren untersten Tiefen in Wirklichkeit von zahlreichen beweglichen wie festsitzenden Formen aus allen Klassen des Tierreiches von den Fischen bis hinab zu den Protozoën bewohnt sind. Und überraschend genug, Tierformen (Krebse und Haarsterne) hat man aus den Tiefen heraufgeholt, die als längst ausgestorben galten und bisher nur fossil aus jurassischen und älteren Erdepochen bekannt waren; auf dem Grunde des Meeres haben diese resistenten Arten den Wechsel der Jahrtausende siegreich überdauert. — Viele höher organisierte Bewohner (Krustentiere) der dunklen Tiefe sind blind und dann mit besonders gut entwickelten Tastwerkzeugen ausgerüstet — eine Thatsache, die uns wohl verständlich ist. Um so erstaunlicher erschien aber anfänglich das Vorhandensein ungewöhnlich grofser Augen bei Fischen und Krustern des Meeresgrundes. Jetzt weifs man, dafs viele Tiefseetiere selbstthätig ein schwaches Licht in die Finsternis ausstrahlen, um, wie man annimmt, ihre Beute anzulocken und besser erspähen zu können. — Ungeahnte Bedeutung haben die mikroskopisch kleinen Bewohner des Meeres, die Protozoën und die Kieselalgen, die Diatomeen, im Verlaufe der Untersuchung erlangt. Die Fülle dieser einzelligen Lebewesen nach Arten und Individuen an der Oberfläche wie in allen Tiefen und auf dem Grunde hat Verwunderung erregt, ihre Wichtigkeit im Haushalt der Natur (als Nahrung für höhere Organismen) ist festgestellt. Man hat erkannt, dafs die niedersinkenden dauerhaften, winzigen Schalen ihrer zierlichen Leiber in der Tiefe zu mächtigen Bänken aufgeschichtet liegen, also seit undenklichen Zeiten an dem Aufbau der Erdrinde teilgenommen haben.

Nur wenige Daten konnten hier aus der Fülle der Ergebnisse der bisherigen Tiefseeforschung herausgehoben werden. Unbestreitbar aber bleibt es, dafs in gewaltiger Weise unser Erfahrungskreis durch jene Untersuchungen erweitert ist, indem fast alle Disziplinen der

Naturwissenschaft aus ihnen reiche Schätze des Wissens als neu sich zuführen durften.

Wie es im Wesen der Wissenschaft überhaupt liegt, so ist es auch auf dem in Rede stehenden Gebiete unausbleiblich gewesen, dafs gerade mit dieser Erweiterung unserer Erkenntnis nur immer wieder andere Fragen hervortraten, die bis dahin ferner lagen, oder an die niemand dachte. Die Fragen, wie ist der Kreislauf des Lebens in jenen dunklen Tiefen mit ihren abnormen Daseinsbedingungen, wie ernähren und entwickeln sich die dortigen Organismen, wie ist ihre horizontale und auch vertikale Verbreitung, wie erklärt sich die grofse Übereinstimmung der weit von einander getrennten arktischen und antarktischen Tiefseebewohner, u. a. m. harren noch der Beantwortung. Hatten die bisher an den Tiefseetieren angestellten biologischen Untersuchungen mehr einen morphologisch-systematischen Charakter, so hat sich das Bedürfnis herausgestellt, auch die feineren anatomischen und histologischen Verhältnisse zu studieren; und man darf hoffen, mit Hilfe der neuerdings so sehr verbesserten Konservierungsmethoden das eingefangene Material in hierzu wünschenswerter Weise zu erlangen. Nach anderer Richtung hat auch mittlerweile die Wissenschaft neue Bahnen vorgezeichnet. Nicht mehr begnügt man sich damit, nur qualitative Untersuchungen über die Lebewesen des Wassers anzustellen. Nach dem Vorgange des Kieler Physiologen Hensen sucht man auch die Quantität der Organismen in einem Meeresabschnitt zu bestimmen, um hieraus auf dessen Produktivität schliefsen zu können. Diese Planktonuntersuchungen, welche auf der 1889 unternommenen Fahrt durch den atlantischen Ozean zum ersten Male auf das offene Meer ausgedehnt wurden, machen eine Fortsetzung dortselbst dringend wünschenswert. Dazu kommt, dafs der indische Ozean vom Kap über Madagaskar und längs unseres afrikanischen Kolonialbesitzes, die Tiefen des östlichen atlantischen Ozeans in den westafrikanischen Regionen noch völlig unerforscht geblieben sind.

Im Hinblick auf alle diese Momente und in dem Bewufstsein, dafs bei dem stetigen Anwachsen ihrer maritimen Interessen die deutsche Nation sich nicht länger der moralischen Verpflichtung entziehen kann, auch ihrerseits zur Erforschung der grofsen Meerestiefen Bedeutendes beizutragen, hat im Anschlufs an einen bezüglichen, mit grofsem Beifalle aufgenommenen und hier verwerteten Vortrag des namhaften Professors Dr. Chun-Leipzig und auf Anregung des letzteren die vorjährige Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Braunschweig sich einstimmig für das Zustandekommen einer deutschen

Tiefsee-Expedition in den südlichen Meeren erklärt. Schon vorher war von dem Antragsteller an S. M. den Kaiser ein Immediatgesuch gerichtet worden mit der Bitte, 300000 M. zwecks Ausrüstung einer solchen Expedition aus kaiserlichen Dispositionsfonds zu bewilligen. Das Gesuch fand Berücksichtigung und wurde als Denkschrift zum Etat des Reichstages zur Beratung gestellt. Wie vor wenigen Wochen die Zeitungen meldeten, ist in der Budgetkommission die geforderte Summe bewilligt, daher die demnächstige Durchführung dieses neuesten deutschen wissenschaftlichen Unternehmens nunmehr zweifellos.

Ende August d. J. soll die Expedition, zu deren Aufnahme ein Handelsdampfer gechartert wird, von einem deutschen Hafen ausgehen und zunächst zwischen Schottland und den Shetlandsinseln in ca. 1000 m Tiefe ihre Untersuchungen der Tiefseeorganismen beginnen, sodann an den Kapverden und Kanaren vorbei sich der westafrikanischen Küste zuwenden, um hier in Fortsetzung der erwähnten Planktonuntersuchungen Hensens die Quantitäten von organischer Substanz welche der Amazonas, Kongo und andere grofse Ströme dem Ozean zuführen, festzustellen. Gleichzeitige Untersuchungen über den Fischreichtum in jenen und anderen zu berührenden Meeresteilen werden nicht ohne wirtschaftliche Bedeutung sein. Von besonderer Wichtigkeit werden Untersuchungen über die Tiefseeorganismen in den Gebieten nahe der südwestafrikanischen Küste sein, wo der warme Guineastrom auf den aus den antarktischen Gewässern stammenden kalten westafrikanischen Benguelastrom, und wo weiter südlich die warmen indischen Strömungen auf die antarktischen Gewässer selbst stofsen. Man darf annehmen, dafs dort durch den Temperaturwechsel des Wassers auch wichtige Grenzlinien für die Verbreitung der Meeres-Organismen vorgezeichnet sind, und dafs da, wo die kalten und warmen Wasser sich mischen, — darum ein Massensterben der dem Temperaturwechsel sich nicht anpassenden zarten Wesen der Oberfläche stattfindet — eine besonders starke Entwickelung der Tiefseefauna infolge der reichlichen in die Tiefe hinabrieselnden organischen Nahrung herrscht. Reiche Schätze an interessanten Tierformen hofft man gerade an solchen Stellen vom Meeresgrunde heraufzuholen. Man plant aber auch einen Vorstofs vom Kap aus in südlicher Richtung in die subarktischen Stromgebiete hinein, aus welchen namentlich die in vielen Beziehungen interessanten und wichtigen kleinsten Lebewesen noch wenig bekannt sind. Zur Lösung einer besonders wichtigen tier-geographischen

Frage will man bei dem Passieren der verschiedenen Breiten noch beitragen. Man weifs nämlich, dafs die festsitzenden wie die frei beweglichen Tierformen der arktischen Meere eine auffallende Ähnlichkeit mit den antarktischen Arten haben, und doch bilden weite Gebiete warmen Wassers ein für die betreffenden Organismen unpassierbares Hindernis. Die Frage ist nun: findet ein Austausch arktischer und antarktischer Formen in der ziemlich gleichmäfsig kühlen Tiefsee statt oder nicht? Werden genaue Untersuchungen im Bereiche des kalten Benguelastromes es ermöglichen zu entscheiden, ob ein langsames Vordringen festsitzender antarktischer Arten gegen Norden auf dem Meeresgrunde wirklich stattfindet, so sollen mit Hilfe der mittlerweile gut funktionierenden Schliefsnetze aus der Tiefe heraufgeholte Proben obige Frage entscheiden auch in Bezug auf die pelagischen Tiere, von welchen man in der That glaubt, dafs sie im kalten Tiefenwasser von der Arktis in die Antarktis und umgekehrt vordringen und so den Austausch der Formen bewirken.

Umfangreich genug und viel versprechend sind die gestellten Aufgaben; reiche Ausbeute, deren wissenschaftliche Verarbeitung der Gesamtheit der deutschen Naturforscher zugänglich gemacht werden soll, ist zu erwarten. Die Erfahrungen des seit langer Zeit mit der Erforschung der Meeresfauna beschäftigten Leiters der Expedition, Prof. Chun, das thatkräftige Interesse, welches die berufenen deutschen Gelehrten einmütig dem neuen Unternehmen entgegenbringen, sichern diesem guten Erfolg, vorausgesetzt, dafs die Reise selbst glücklich verläuft. Hoffen wir, dafs auch dieses Werk ein würdiges Denkmal deutscher Geistesarbeit werde. —





Über elektrische Bahnanlagen.

Von Regierungs-Baumeister **Braun** in Berlin.

(Schlufs.)

Allgemeines über Hoch- und Untergrundbahnen.

Um die Strafsenbahnen von dem übrigen Verkehr unabhängig zu machen, wurde man gezwungen, dieselben entweder oberhalb oder unterhalb des Strafsenkörpers anzulegen, das heifst, sie als Hoch- oder als Untergrundbahnen auszubilden. Beide Bauarten haben ihre Vor- und Nachteile. Keiner derselben kann wohl ein unbedingter Vorrang eingeräumt werden. So sind die Vorteile der Hochbahnen den Untergrundbahnen gegenüber, dafs sie geringere Anlagekosten verursachen, und das Fahren auf ihnen ein angenehmes ist, da sie in der freien Luft sich bewegen und die Abführung der Witterungsniederschläge, sowie eine besondere Lüftung und Beleuchtung der Bahnstrecke nicht notwendig ist. Ihre Nachteile dagegen bestehen darin, dafs sie den Strafsen Licht, Luft und Ruhe rauben, sowie vorzüglich in den Strafsenzügen entlang geführt werden müssen, während die Untergrundbahnen an das Befolgen von Strafsenzügen nicht gebunden sind und das Strafsenbild in keiner Weise beeinträchtigen. So giebt es noch verschiedene „Für“ und „Wider“, welch letztere jedoch, näher betrachtet, keineswegs derart bedeutende sind, dafs man um ihretwillen auf die Anlage dieser überaus nutzbringenden Verkehrsmittel verzichten müfste, zumal gerade bei den neuesten Ausführungen die diesen Bahnen bisher noch anhaftenden Nachteile so gut wie beseitigt sind, so dafs man wohl mit Recht annehmen kann, dafs diesen Verkehrsmitteln der grofsen Städte die Zukunft gehört.

Bis in die neuere Zeit traten in engeren Wettbewerb als Betriebskraft für die Hoch- und Untergrundbahnen noch der Seilzug, die Dampfkraft und die Elektrizität, von welchen die letztere, ihrer vorzüglichen Eigenschaften wegen, als Siegerin hervorgegangen ist und für die Zukunft wohl sicher das Feld hehaupten wird. Die mit

26*

Seilzug betriebenen Bahnen, die Kabelbahnen, haben wohl den Vorzug der grofsen Leistungsfähigkeit, die vollkommen von der Strafsenneigung, der Zahl und dem Gewichte der Wagen unabhängig ist; doch sind ihre Mängel, wie der geringe Nutzeffekt, die starke Abnutzung und viele Sorgfalt erfordernde Behandlung der Kabel, die schwierige Ausführung der Kreuzungen und Weichen, derart bedeutend, dafs diese Bahnen wohl auch für die Zukunft eine allgemeinere Verbreitung kaum finden werden.

Bei den Dampflokomotiven treten wiederum die Übelstände auf, dafs die Lokomotiven durch den auspuffenden Dampf Geräusche verursachen und gleichzeitig Rauch und Dunst hinterlassen. Für die Hochbahnen ist dies in der Hinsicht besonders unvorteilhaft, dafs hierdurch die Anwohner stark belästigt werden und das Strafsenbild an Ansehen verliert. Bei den Untergrundbahnen müssen besondere Lüftungsvorrichtungen getroffen werden, welche mit ihrem abziehenden Kohlendunste keineswegs zu den Annehmlichkeiten einer Grofsstadt gerechnet werden können. Aufserdem aber sind die Trageteile einer mit Dampfbetrieb versehenen Hochbahn den schweren Lokomotiven entsprechend auszuführen, werden daher schwerfällig und teuer in der Anlage. Schliefslich arbeiten die Lokomotiven unvorteilhaft, indem der im Kessel erzeugte Dampf nur schlecht durch die bisher allgemein gebräuchliche Kulissensteuerung ausgenutzt wird. Die Betriebskosten sind dementsprechend hohe und werden noch dadurch vermehrt, dafs das Betriebspersonal der Lokomotiven, namentlich bei Zügen mit wenigen Wagen, unverhältnismäfsig grofs ist. Schon die kleinste Dampflokomotive mufs von zwei Personen, einem Führer und Heizer, bedient werden.

Hierzu treten noch verschiedene Nachteile, wie unruhiger Gang der Maschine, starke Abnutzung des Oberbaues und andere, sodafs eine weitere Benutzung der Dampflokomotiven für Hoch- und Untergrundbahnen für die Zukunft als ausgeschlossen erscheint. Einen Beleg dafür giebt der Entschlufs, den elektrischen Betrieb auf der z. Zt. mit Dampfbetrieb versehenen Hochbahn in New-York, der ersten, gröfsten und bedeutendsten der Welt, einzuführen.

Ganz anders dagegen stellen sich die Verhältnisse für die Hoch- und Untergrundbahnen bei Benutzung der Elektrizität als Zugkraft. Die sämtlichen vorher angeführten Mifsstände der Kabel- und Dampfbahnen sind mit einem Schlage behoben. Hierbei ist der Nutzeffekt der denkbar günstigste. Der Unterbau für die Hochbahnen wird infolge des Wegfalles der schweren Lokomotiven leicht, luftig und zier-

lich und erniedrigt die Anlagekosten auf das geringste Mafs. Geräusch, Dampf, Rauch und Rufs in den Strafsen fallen fort, ebenso wie die Rauchabzüge für die Untergrundbahnen. Aufserdem stellen sich die Betriebskosten bei beiden Bahnen infolge der guten Ausnutzung der Betriebskraft und des geringen Personalaufwandes äufserst vorteilhaft.

So ist es denn gekommen, dafs man sich für die Anwendung der Elektrizität als Zugkraft für die Hoch- und Untergrundbahnen mit vollem Recht entschlossen und nachbenannte Bahnen in kurzer Folge zur Ausführung gebracht hat bezw. bringt:

Untergrundbahnen.	Hochbahnen.
a) als Tieftunnelbahnen.	
City and South London Railway.	Overhead Railway, Liverpool.
Waterloo and City Railway London.	Metropolitan West-Side-Elevated Railroad, Chicago.
Central London Railway.	
b) als Unterpflasterbahnen.	
Budapester Unterpflasterbahn.	
Unterpflasterbahn in Boston.	

Elektrische Stadtbahn Berlin.

Untergrundbahnen.

Den Anlafs zu dem Entwurfe der „City and South London Railway“ gab die mangelhafte Verbindung der im Osten Londons beiderseits der Themse belegenen Stadtbezirke. Der Verkehr der City mit dem Südufer des Flusses ging vorzugsweise über die London Bridge, da der verhältnismäfsig geringe Verkehr durch den nahe dem Tower angelegten und nur für Fufsgänger bestimmten Röhrentunnel unter der Themse kaum in Betracht kam. Nach stattgehabten Zählungen und Schätzungen betrug aber der Verkehr auf der London Bridge im Jahre rund 35 Millionen Fufsgänger und 7 Millonen Wagen mit zusammen 21 Millionen Fahrgästen, eine Zahl, die erklärlich ist, wenn man in Betracht zieht, dafs nach der Volkszählung von 1891 täglich in der City zu Fufs und zu Wagen 1121708 Personen anlangen. Ein ansehnlicher Teil hiervon nimmt über die genannte Brücke seinen Weg. Fahrgelegenheit fand er hier nur in den Omnibussen und Droschken, welche jedoch beide infolge der gewaltigen Verkehrsstärke nur langsam die Brücke passieren konnten, während den Pferdebahnen das Befahren der Themsebrücken und der Zutritt

zur City überhaupt verboten ist, sodafs diese ihre Fahrgäste bereits in erheblicher Entfernung von jenem Ziele absetzen müssen.

Der Gedanke des Ingenieurs Greathead, an dieser Stelle eine Untergrundbahn mit elektrischem Betriebe anzulegen, wurde daher um so freudiger aufgenommen, als der von ihm aufgestellte Bauplan die Anlagekosten in solchen Grenzen hielt, dafs den Aktionären des neuen Unternehmens bei dem zu erwartenden Verkehr eine bessere Verzinsung der Bausumme in Aussicht gestellt werden konnte, als die mit Lokomotivbetrieb versehene Metropolitan- und die Distriktbahn je erzielt hatten.

Die ganze ca. 5 km lange Linie liegt mindestens 12,2 m unter der Erdoberfläche, an einigen Stellen noch tiefer, unter der City bezw. Themse sogar etwas über 18,3 m. Die Bahn ist zweigleisig und normalspurig ausgebaut. Für jede Fahrtrichtung bezw. jedes Gleis besteht ein besonderer Tunnel, welche nur in den beiden Endstationen aus betriebstechnischen und Ersparnisgründen zu einem vereinigt sind.

Die Tunnels sind kreisrund ausgebohrt und mit einem gufseisernen Rohre von 25,4 mm Wandstärke ausgekleidet. Der Durchmesser innerhalb der Flanschen beträgt auf der älteren zuerst vom Parlament genehmigten Strecke 3050 mm, auf der Reststrecke 3200 mm.

Die Lage der im Mittel 1000 m von einander entfernten Haltestellen ist derartig gewählt, dafs sie stets unter Kreuzungen wichtiger Strafsenzüge zu liegen kamen. Während die beiden Endstationen für beide Fahrtrichtungen je einen gemeinsamen Tunnel besitzen, sind die Zwischenstationen doppelt angelegt mit je einem besonderen Tunnel für jede Richtung. Um nun bei diesen Doppelstationen mit einer Treppen- und Aufzugsvorrichtung auskommen zu können, hat man hier die Anordnung der Tunnels so gewählt, dafs der eine Tunnel 3,05 m tiefer gelegt wurde als der andere, damit der Zugang zum Bahnsteig des höher liegenden Tunnels über ihn fortgeführt werden konnte, während sein Zu- und Ausgang mittels einer Rampe in einen Vorraum mündet und hier mit dem anderen Tunnel zusammentrifft. In diesem Vorraum endigt die Treppe und öffnen sich die Thüren der Aufzugsvorrichtungen.

Letztere sind für eine derartig angelegte Tiefbahn ein unentbehrliches Hülfsmittel; ohne sie kann sich kein lebhafter Verkehr entwickeln, wie das Beispiel des älteren Teiles der East-London-Bahn gezeigt hat. Es wurden hier deshalb durch Druckwasser betriebene Hubcylinder mit dreifacher Übersetzung ins Schnelle verwendet, da der indirekte Betrieb als vorteilhafter als der direkte angesehen wurde.

Die Lüftung der Tunnels und Stationen erfolgt ohne besondere Hilfsmittel, und zwar deshalb, weil man annimmt, dafs die den Tunnelquerschnitt gröfstenteils ausfüllenden Personenwagen die alte Tunnelluft zur nächsten Station vor sich herschieben, sodafs frische Luft von der rückwärts gelegenen Station folgen kann.

Der zum Betrieb notwendige Strom wird dem bei der Stockwell-Station am Ende der Bahnlinie erbauten Kraftwerk entnommen.

Die Wagen sind ähnlich denjenigen der Strassenbahnen gebaut, bilden wie diese im Innern einen einzigen Raum mit Längssitzen an den Seitenwänden und ruhen auf Drehgestellen, sodafs das Durchfahren scharfer Krümmungen ermöglicht ist. Die Höhe der Wagen war abhängig von dem Tunneldurchmesser, und dieser stand wieder im engsten Zusammenhange mit der Höhe der Baukosten. Jeder Zoll Vergröfserung des Tunneldurchmessers hätte eine Erhöhung der Baukosten um Hunderttausende von Mark bedingt. Hieraus ergab sich die möglichste Einschränkung der Breiten- und Höhenabmessungen der Wagen als eine wirtschaftliche Notwendigkeit. Es galt, die unterste Grenze der Raumverhältnisse eines lediglich für den Stadtverkehr bestimmten und den Fahrgästen nur für kurze Zeit zum Aufenthalte dienenden Eisenbahnwagens unter möglichster Ausnutzung des Tunnelquerschnittes festzustellen, doch wurde diese Aufgabe nur mit mäfsigem Erfolge gelöst.

Die lichte Höhe des Wagenkastens, dessen Decke, entsprechend dem kreisförmigen Tunnelquerschnitt, stark gewölbt ist, beträgt im Scheitel 2070 mm, an den Seiten jedoch nur 1640 mm, so dafs bei diesen knappen Abmessungen die Wagen im Innern einen gedrückten und ziemlich unfreundlichen Eindruck machen.

Im übrigen gestatten die Wagen eine schnelle Entleerung, sodafs die Aufenthalte auf den Stationen nur 10 bis 15 Sekunden dauern.

Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 32 km, die Beförderung einschliefslich der Aufenthalte 24 km in der Stunde.

Die Rentabilität der Bahn, obwohl bis jetzt sehr gering, ist im Steigen begriffen, wird sich aber wohl erst wesentlich heben, wenn eine Verlängerung der Bahn durch die City hindurch ausgeführt wird.

Die zweite von Greathead entworfene elektrische Tieftunnelbahn ist die Waterloo and City Railway.

Diese Bahn ist der eben besprochenen ähnlich, nur wird der Durchmesser der Tunnelröhren, der sich doch etwas knapp erwiesen hatte, von 3,2 m auf 3,7 m vergröfsert. Die Kosten sind zu 10 Millio-

nen Mark, also etwa 4 Millionen Mark für den Kilometer, veranschlagt. Die Stadtverwaltung hatte anfangs verlangt, daſs die Röhren in einer Weite von 4,9 m hergestellt würden, um das Profil von Vollbahnen zu erreichen; da aber die Mehrkosten zu $1^1/_4$ Millionen Mark für den Kilometer geschätzt wurden, machte die Gesellschaft die Ausführung von der Genehmigung des kleineren Profils abhängig.

Die dritte der Greatheadschen Bahnen ist die erst im Sommer

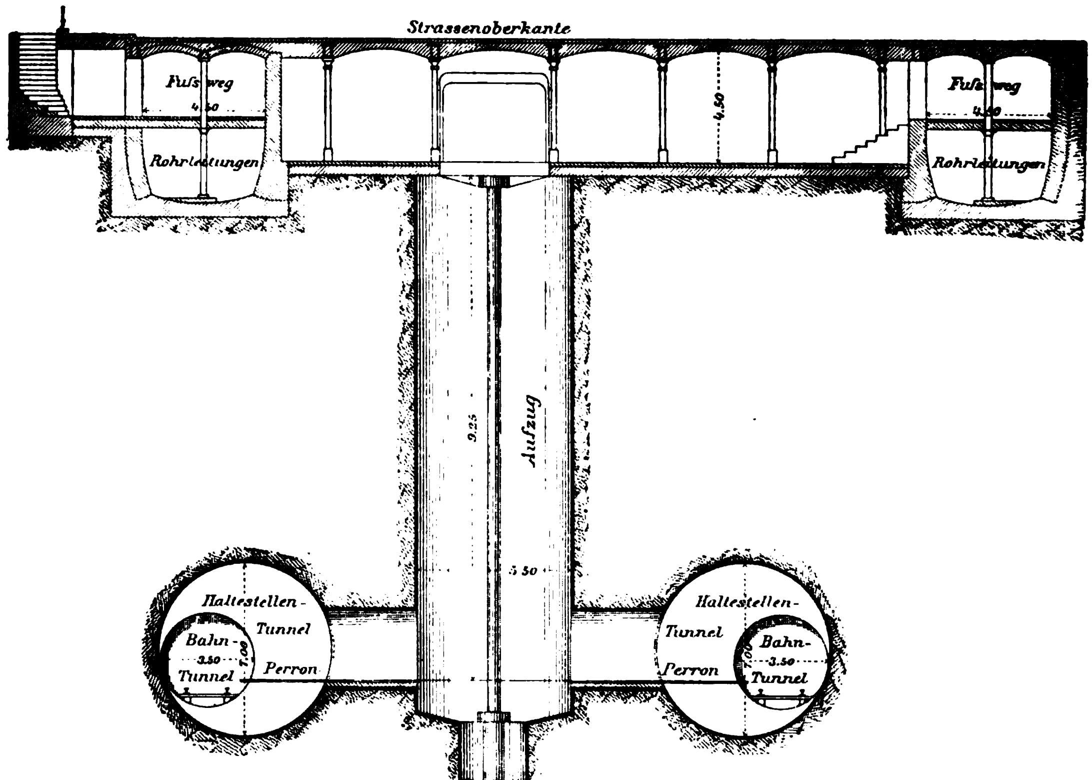


Fig. 18. **Querschnitt des Platzes an der Bank von England in London.**

1895 in Angriff genommene „Central London Railway“. Der Durchmesser der beiden Tunnels ist auch hier etwas gröſser als bei der ersten Bahn angenommen, aber mit 3,50 m als ausreichend erachtet worden.

Diese Bahn erhält eine Länge von 10,4 km mit 14 Haltestellen.

Von besonderem Interesse ist die Haltestelle, die unter dem wegen seines riesigen Verkehrs weltberühmten Platze zwischen der Bank, der Börse und dem Mansion House hergestellt werden soll (Fig. 18).

Der ganze Platz wird unterkellert, mit Treppenzugängen von den Trottoirecken sämtlicher einmündenden Strafsen versehen. Dadurch wird zugleich die bei dem ungeheuren Wagenverkehr der sich kreuzenden Strafsen längst erwünschte Unterführung für den gefahrlosen Durchgang von Fufsgängern hergestellt. Im übrigen soll die Unterkellerung den Kassenraum und die obere Ausmündung der nach den Bahnsteigen der Tunnelbahn hinabführenden Personenaufzüge aufnehmen. Es sind Verhandlungen im Gange, um den Endpunkt der Waterloo and City Railway mit an diese Haltestelle anzuschliefsen, und aufserdem ist geplant, die oben erwähnte Verlängerung der City and South London Railway, die hier die Central London Railway in verschiedener Höhenlage kreuzt, gleichfalls in die Haltestelle aufzunehmen, sodafs dann zugleich mit Hilfe von Treppen oder Rampen ein Umsteigeverkehr zwischen den tief liegenden Bahnsteigen dieser drei Bahnen hergestellt werden kann.

Aufser den soeben besprochenen sind noch zwei weitere, auf ähnlichen Grundsätzen beruhende Lokalbahnen projektiert und teilweise vom Londoner Parlament genehmigt, die beide das Westend der Quere nach durchkreuzen.

Bauzeit			Anlagekapital in Millionen Mark	
		km	im ganzen	pro km
1860—63	Metropolitan Railway	16,4	119,34	7,24
—71	Metr. District-Railway	11,6	105,06	8,98
1884—86	gemeinsch. Schlufsstrecke . .	2,8	66,30	23,46
	zusammen	30,8	290,70	9,52
1876—82	Berliner Stadtbahn	12,1	61,71	5,10
1886—90	City & South Lond. Railway .	5,1	20,91	4,10
1894—	Waterloo & City Railway . .	2,55	10,20	4,08
1895—	Central London Railway . .	10,40	77,52	6,38
1895—96	Budapester Untergrundbahn .	3,75	6,29	1,70
1895—	Unterpflasterbahn Boston . .	2,15		

Obwohl, wie aus obenstehender Tabelle ersichtlich, die Anlagekosten der ersten dieser drei Tieftunnelbahnen der City and South London Railway wesentlich geringer sind als die bei den älteren Dampflokomotiv-Untergrundbahnen Londons, so ist nichtsdestoweniger, wie schon erwähnt, die Rentabilität eine sehr geringe gewesen. Dies mag wohl vor allem seinen Grund in den immer noch verhältnismäfsig hohen Baukosten und den nicht unwesentlichen Betriebsausgaben haben.

Die Anlagekosten waren deshalb so hohe, weil beim Bau ein Durchfahren von wasserhaltigen Schichten wider Erwarten notwendig wurde. Gleichzeitig aber wurde die Anlage durch die Errichtung der Personenaufzüge nicht unwesentlich verteuert. Die hohen Betriebskosten finden ihren Grund darin, dafs die Personen nicht nur wagerecht, sondern auch senkrecht befördert werden müssen. Gerade diesem letzten Umstande läfst sich dadurch abhelfen, dafs man die Bahnen nicht in der Tiefe der Londoner Bahnen anlegt, sondern unmittelbar unter Strafsenoberfläche. Es wird in den meisten Fällen dann immer noch die Möglichkeit vorhanden sein, über die Abzugskanäle, Gas- und Wasserleitungen in einer gröfseren Stadt hinweggehen zu können, wie dies an der Budapester Untergrundbahn nachgewiesen ist. Andererseits werden auch die Schwierigkeiten, die das Grundwasser dem Tunnelbau entgegenstellt, auf das Mindestmafs eingeschränkt. Schliefslich kann der kreisförmige Tunnelquerschnitt verlassen werden, welcher besonders, wie vorher erwähnt wurde, störend auf die Ausführung der Wagen wirkt. Dazu kommt noch, dafs das Fahren schon wegen des beengten Raumes der Wagen nicht behaglich ist, dafs es sich aufserdem hart fährt, das Passieren der scharfen Kurven durch die Gangart der Wagen sich bemerkbar macht, und das dumpfe Geräusch, das die Züge in den Tunnelröhren hervorrufen, verbunden mit der dumpfigen Luft, wenig wohlthuend wirkt.

Allerdings hat der Bau dieser Bahnen in London gelehrt, wie man auch in schwierigen Bodenarten und inmitten der gröfsten Städte, ohne jegliche Belästigung des Strafsenverkehrs, Bahntunnel zur Ausführung bringen kann, während ihr Betrieb zeigt, welche vorzügliche Betriebskraft die Elektrizität für derartige Bahnen ist. Diese Anlage ist bereits für die Entwürfe von Stadtbahnen in verschiedenen Städten vorbildlich gewesen, so für einen Entwurf in Paris und in New-York, sowie für eine im Bau sich befindende Versuchsstrecke in Berlin, um auch an dieser die Durchführbarkeit für unsere Hauptstadt nachzuweisen.

Indessen werden auch bei diesen Ausführungen die Baukosten ähnlich hohe wie in London werden. Es wird daher ratsam sein, wenn es die örtlichen Verhältnisse gestatten, um eine sichere Rentabilität der Bahn herbeizuführen, nach Möglichkeit das System der Budapester Unterpflasterbahn zu verwenden.

Eine kurze Beschreibung dieser Bahn möge die Vorteile darthun, die eine solche Anlage den anderen Untergrundbahnen gegenüber besitzt.

Die Herstellung einer Bahn in der Andrássystrafse in Budapest bildete schon seit dem Jahre 1876 einen immer wiederkehrenden Gegenstand der öffentlichen Erörterung. Immer wieder fand sich Veranlassung, dafs die Budapester Verkehrsanstalten den Behörden mit dem Antrage näher traten, die Ausführung einer Strafsenbahn in der Andrássystrafse in der einen oder anderen Weise zu gestatten, um dadurch eine Verbindung dieser Strafse und des an ihrem Ende gelegenen Stadtwäldchens, eines beliebten Ausflugsortes der Bevölkerung, mit dem Innern der Stadt herbeizuführen. Doch stets blieben die verschiedenen Anträge hauptsächlich aus dem Grunde erfolglos, weil die Andrássystrafse schon ursprünglich derart geplant war, dafs die Herstellung einer Strafsenbahn auf derselben ausgeschlossen erschien.

Die langersehnte Lösung dieser schwierigen Verhältnisse wurde in der Ausführung einer Untergrundbahn gefunden, zu welcher ein von der Firma Siemens & Halske ausgearbeiteter Entwurf im Anfange des Jahres 1894 an die Behörden seitens der Budapester Strafsen-Eisenbahn-Gesellschaft und der Budapester elektrischen Stadtbahn-Aktien-Gesellschaft eingereicht wurde, und nach welchem eine elektrische Bahn als Untergrundbahn vom Gisellaplatze ausgehen und unter dem Waitzener Boulevard und der Andrássystrafse nach dem Stadtwäldchen hinausführen sollte.

Die elektrische Untergrundbahn ist nicht als Tunnelbahn wie die Stadtbahnen in London ausgeführt, sondern als sogenannte Unterpflasterbahn, mit flacher, unmittelbar unter dem Strafsenpflaster liegender Decke. Sie folgt dem Zuge der Strafsen, ist durchgehends zweigleisig und normalspurig angelegt und besitzt an bestimmten Punkten Haltestellen, in denen die Fahrgäste aufgenommen und abgesetzt werden können, sodafs sie hiernach das Gepräge einer Stadtbahn im eigensten Sinne des Wortes trägt.

Die gesamte Bahnlänge beträgt 3,75 km, von welchen 3,22 km als Untergrundbahn und 0,53 km als Flachbahn ausgeführt sind.

Diese Bahn beginnt im Innern der Stadt unter der Redoutengasse am Gisellaplatz und führt dann zwischen der Theresienstrafse und der Elisabethstadt unter der ganzen Andrássystrafse als Unterpflasterbahn bis zum Stadtwäldchen, steigt dort an die Oberfläche hinauf nach dem Tiergarten und endigt im Stadtwäldchen in der Nähe des artesischen Bades. (Titelblatt unteres Bild.)

Die gröfste vorkommende Steigung ist 1 : 50, die schärfsten Bögen haben einen Krümmungshalbmesser von 40 m.

Bei der Anordnung des Tunnels kam es darauf an, die Schienenoberkante so wenig tief als möglich unter die Pflasteroberkante der Strafse zu. legen. Es mufste daher nicht nur die zur Durchfahrt der Bahnwagen erforderliche lichte Höhe des Tunnels selbst auf das zulässig geringste Mafs von 2,75 m beschränkt werden, sondern auch die Höhe der Tunneldecke, welche das Strafsenpflaster und die auf letzterem verkehrenden Lasten zu tragen hat. Ferner war für diese lichte Höhe die unabänderliche Höhenlage des grofsen Hauptkanals in der Ringstrafse mafsgebend, welcher am Oktogon die Andrássystrafse und mithin auch die Untergrundbahn kreuzt. Die thunlichste Beschränkung der Höhe der Tunneldecke wiederum hing davon ab, dafs die Stützweite der Deckenträger möglichst gering war. Zu dem Zwecke wurde zwischen beiden Gleisen eine Säulenreihe angeordnet, und dann ergab sich für jedes Gleis eine lichte Breite gleich der Wagenbreite, zuzüglich dem erforderlichen Spielraum zwischen dem Wagen und den Wänden des Tunnels bezw. der Säulenreihe. Die gesamte lichte Breite des Tunnels wurde auf 6 m festgesetzt, indem gleichzeitig der lichte Raum des Tunnels in den engen Gleisbögen, entsprechend der Schiefstellung des Wagens, sowohl eine Verbreiterung als auch eine Erhöhung erfuhr. Die Stützweite der Deckenträger beträgt ungefähr 3 m, sodafs sich bei dieser geringen Entfernung je nach der Pflasterung eine Stärke der Decke von 0,70 m bei Holz- und 0,80 m bei Steinpflaster als ausreichend ergab. Der gesamte Höhenunterschied zwischen Strafsen- und Schienenoberkante beträgt hiernach bei Holzpflaster 3,45 und bei Steinpflaster 3,55 m.

Der Tunnel ist sowohl in der Sohle als auch in den Seitenwänden durchgehend aus Beton hergestellt. (Titelblatt oberes Bild.)

Die Decke des Tunnels ist in der Weise angeordnet, dafs über den Säulen, welche in 4 m Abstand von einander stehen, in der Längsrichtung des Tunnels neben einander zwei I-förmige Längsträger gelegt wurden, welche bei Holzpflaster 320 mm und bei Steinpflaster 350 mm Höhe erhielten. Quer über diese Längsträger wurden alsdann über beide Gleise hinweg durchgehende, mit ihren Enden auf den Seitenmauern des Tunnels auflagernde Querträger verlegt. Auch diese Träger haben einen I-förmigen Querschnitt, liegen einzeln in je 1 m Abstand von einander und haben nach ihrer Belastung 300, 320 und 350 mm Höhe. Zwischen den Querträgern ist die eigentliche Decke des Tunnels derart hergestellt, dafs die verbleibenden 1 m breiten Felder auf einer tonnenförmigen Schalung einfach mit Beton ausgefüllt wurden. Diese Decke ist dann noch behufs An-

lage des für die Pflasterung erforderlichen Quergefälles mit einer bis zu 10 cm starken Schicht aus magerem Beton ausgeglichen.

Gegen das Eindringen des Grundwassers von unten, in welches die Bahn auf einem Teile taucht, und gegen das Eindringen des Tagewassers von oben ist die gesamte Strecke durch wasserdichte Zwischenlagen von Asphaltfilzplatten vollkommen gesichert. Aufserdem wurde noch in der Mitte jedes Gleises ein Betonrohr von 0,25 m lichtem Durchmesser in der Sohle der Bahn einbetoniert, welches seitlich mit

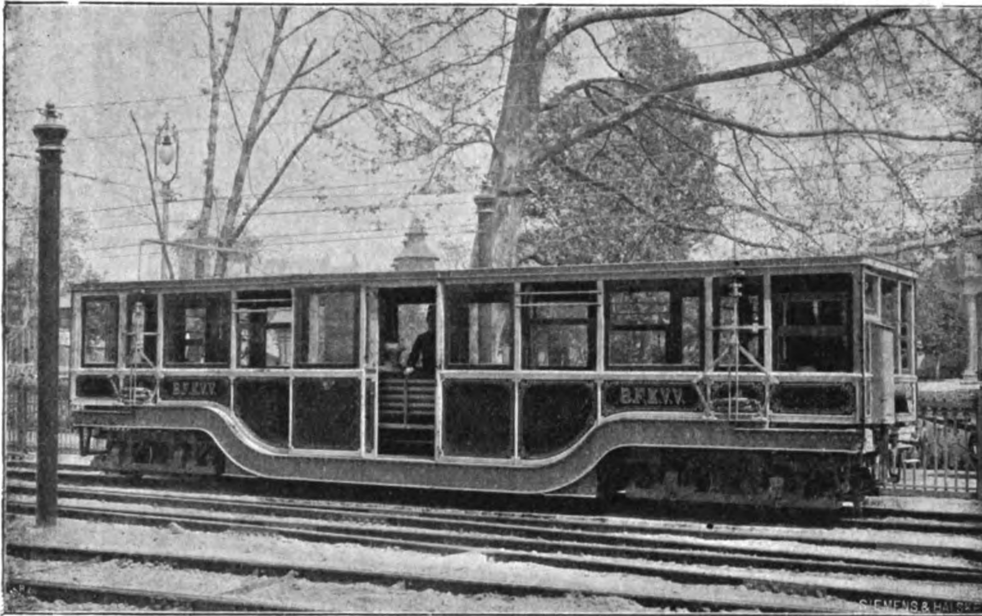


Fig. 19. **Drehgestellwagen der Untergrundbahn in Budapest.**

Schlitzen versehen ist, und durch das etwaiges Sammelwasser aus der Bettung des Gleises eintreten kann und abgeführt wird.

Der Betrieb der gesamten Linie erfolgt von der Maschinenanlage der elektrischen Stadtbahnen. Von hier aus sind Zuleitungskabel bis an die Untergrundbahn herangelegt, und die Stromleitung längs der Bahn ist in der Weise bewirkt, dafs unter der Decke des Tunnels über jedem Gleis mittels Isolatoren zwei Arbeitsleitungen, eine Hin- und Rückleitung, befestigt wurden, von welchen die Wagenmotoren den erforderlichen Strom mittels am Dache der Wagen befestigter Stromabnehmer zugeführt erhalten und zurückleiten. Aufserdem sind längs der Bahn verschiedene elektrische Leitungen für die Beleuch-

tung der Bahn, für die Bethätigung der Signale, sowie für die Verständigung zwischen den einzelnen Haltestellen angeordnet.

Die Abmessungen der Wagen stehen in engster Wechselbeziehung zum Tunnel (Fig. 19).

Der lichte Raum der letzteren mufste besonders nach der Höhe durch den Wagen, und zwar durch den zum Aufenthalt für die Fahrgäste bestimmten Wagenkasten möglichst vollständig ausgefüllt werden, so dafs rings um den Wagenkasten nur der unumgänglich notwendige Spielraum gegen Fufsboden, Wände und Decke des Tunnels verblieb.

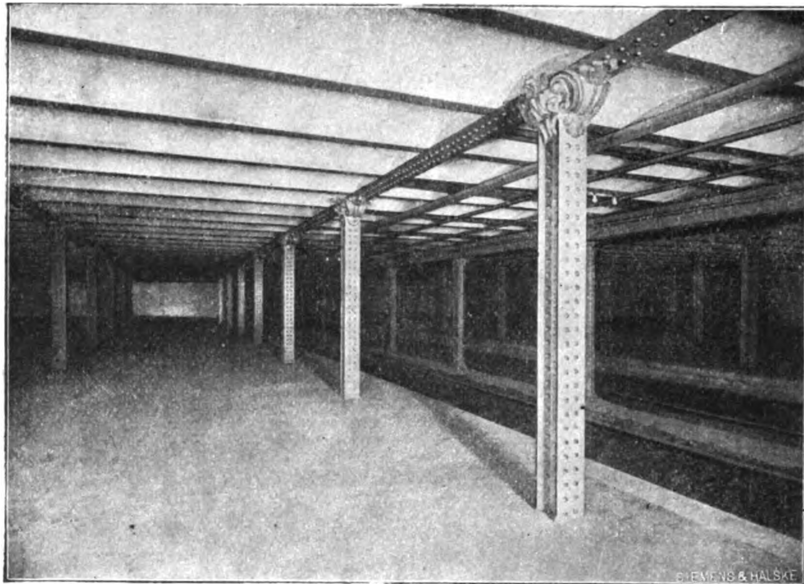


Fig. 20. **Innere Ansicht der Haltestelle Oktogonplatz.**

Demgemäfs wurde die Anordnung des Wagens derart getroffen, dafs der Wagenkasten zur Aufnahme der Fahrgäste zwischen zwei an den Enden des Wagens laufenden Drehgestellen hängt, in welchen sich die Maschinen und in dem darüber befindlichen Raume die Schalt- und Bremshebel, sowie der Führerstand befinden.

Der Fufsboden des Wagenkastens liegt 15 cm über Oberkante des Bahnsteiges, sodafs bei einer derartigen tiefen Lage des Wagenfufsbodens von der für den Tunnel angenommenen lichten Höhe von 2,75 m für die lichte Höhe des Wagenkastens 2,085 m verfügbar bleibt, d. h. eine Höhe wie die bei den gewöhnlichen Strafsenbahnwagen übliche.

Die Haltestellen der Bahn sind, wie die meisten Haltestellen der

Stadtbahnen in London, derart angeordnet, dafs im Tunnel beiderseits aufserhalb der Gleise je ein Bahnsteig angelegt wurde (Fig. 20).

Jeder Bahnsteig dient also ebenso wie das Gleis, an dem er liegt, nur für eine Fahrtrichtung. Auf der Strafse befinden sich an den Eingängen zu den Haltestellen zierliche, aufsen mit Majolikaplatten bekleidete Hallen, welche durch Ober- und Seitenlicht erleuchtet werden.

Von diesen Hallen aus führen 21 Stufen auf den Bahnsteig hinunter, welcher sein Licht zum Teil noch von der Treppe her, d. h. von der Strafse aus erhält, zum Teil durch die an der Decke reichlich angebrachten Glühlampen erleuchtet wird, sodafs der ganze Raum mit seiner weifsen glänzenden Farbe an den Wänden und der Decke ein aufserordentlich freundliches Gepräge trägt (Fig. 21).

Besondere Erwähnung verdient noch die Sicherungsanlage dieser Bahn.

Die Wagen dürfen behördlicher Vorschrift gemäfs in keiner kleineren Entfernung einander folgen, als der Abstand der Haltestellen beträgt. Um dieser Vorschrift entsprechen zu können, sind am Ausfahrtsende an den Stirnwänden der Haltestellen Lichtblocksignale angeordnet worden, welche in sinnreicher Weise von dem Wagen selbstthätig aus- und eingeschaltet werden. Zu diesem Zwecke ist bei der Ausfahrt aus jeder Haltestelle neben den Gleisen ein Umschalter angebracht, welcher von einem an dem hinteren Ende eines jeden Wagens angebrachten Tasteisen bethätigt wird. Sobald ein Wagen aus der Haltestelle heraus den Umschalter befährt, zeigen die Glühlampen des Signals an der Ausfahrt rotes Licht, decken also den ausgefahrenen Wagen, während in der zurückliegenden Haltestelle gleichzeitig weifses Licht erscheint, zum Zeichen, dafs die Strecke bis zur soeben verlassenen Haltestelle frei ist. In der nach vorn liegenden Haltestelle wird neben dem eigentlichen Signallicht eine kleine rote Kontrolllampe sichtbar, als Ankündigung, dafs ein Wagen unterwegs ist und in die Haltestelle demnächst einfahren wird. Infolge dieser Einrichtung sind die Wagen, da rotes Signallicht „Halt“ und weifses Signallicht „Freie Fahrt“ bedeutet, gezwungen, wenigstens in Entfernungen der Haltestelle zu fahren. Aufserdem ist jeder Bahnsteigwärter in der Lage, aus den Lampen der Signaleinrichtungen zu ersehen, ob sich ein Wagen auf der Strecke zwischen den benachbarten Haltestellen und seiner eigenen befindet oder nicht.

Im Falle einer Störung in der Lichtblockanlage mufs das Telephon zur Signalisierung der Wagen benutzt werden.

Der Betrieb der Untergrundbahnen wurde am 2. Mai 1896 eröffnet. Die Fahrkarten-Ausgabe ist die bei Stadtbahnen übliche. Beim Eintritt auf einen Bahnsteig wird die Fahrkarte gelöst und beim Verlassen der Bahn wieder abgegeben. Jeder Wagen wird aufser von dem Wagenführer noch von einem Schaffner begleitet.

Über die Gröfse des Verkehrs auf der Untergrundbahn und die Leistungsfähigkeit bei Betrieb mit Einzelwagen geben die folgenden Betriebsergebnisse Aufschlufs:

Es wurden im ersten Betriebsjahre vom 2. Mai 1896 bis 1. Mai 1897

4217485 Personen

befördert,

868175 Wagenkilometer

gefahren und

421748,5 Fl.

eingenommen.

Für den Tag ergeben sich folgende Zahlen:

11555 Personen befördert,
2380 Wagenkilometer gefahren,
1155,5 Fl. eingenommen,
682 Fahrten gemacht und
12 Wagen in Betrieb genommen.

Dies ergiebt eine tägliche Einnahme für den Wagen von:

96,3 Fl. oder 163,70 M.

Der stärkste Verkehr war am 7. Mai, an welchem Tage 34625 Fahrgäste befördert und 2612 Wagenkilometer geleistet wurden.

Besonders bemerkenswert ist noch der Versuch, mit 2 zusammengekuppelten Motorwagen zu fahren, welcher zum ersten Male am 2. Mai 1897 gemacht wurde. Jeder Wagen hatte hierbei einen Wagenführer. Die Leitung des Zuges wurde durch einen im hinteren Abteil des ersten Wagens sitzenden Zugführer bewirkt. Auf diese Weise konnte ein gröfserer Verkehr bewältigt werden, da 17 Wagen in Betrieb waren.

Es wurden im ganzen 18500 Personen befördert und 1850 Fl. eingenommen, d. h. auf den Wagen durchschnittlich 185 M.

Die Untergrundbahn wurde für Rechnung der Budapester elektrischen Stadtbahn A. G. und der Budapester Strafsen-Eisenbahn-Gesellschaft durch die Firma Siemens & Halske ausgeführt.

Die Baukosten wurden von den beiden unternehmenden Gesellschaften gedeckt, ohne den Geldmarkt zur Beschaffung der erforderlichen Mittel in Anspruch zu nehmen.

Das für den Ausbau und die betreffenden Betriebseinrichtungen erforderliche Kapital wurde in der Konzessionsurkunde auf 3600000 Fl. festgesetzt, aus welchem Kapital 210000 Fl. für die Beschaffung von Wagen und 100000 Fl. zur Bildung eines Reservefonds verwendet werden mufsten. Mit diesem Kapital reichte man auch vollkommen aus, obwohl während des Baues erhebliche Mehrleistungen gegenüber dem ursprünglichen Kostenanschlag, insbesondere eine bedeutende Vergröfserung und reichere Ausstattung der Haltestellen gefordert wurden und zur Ausführung kamen.

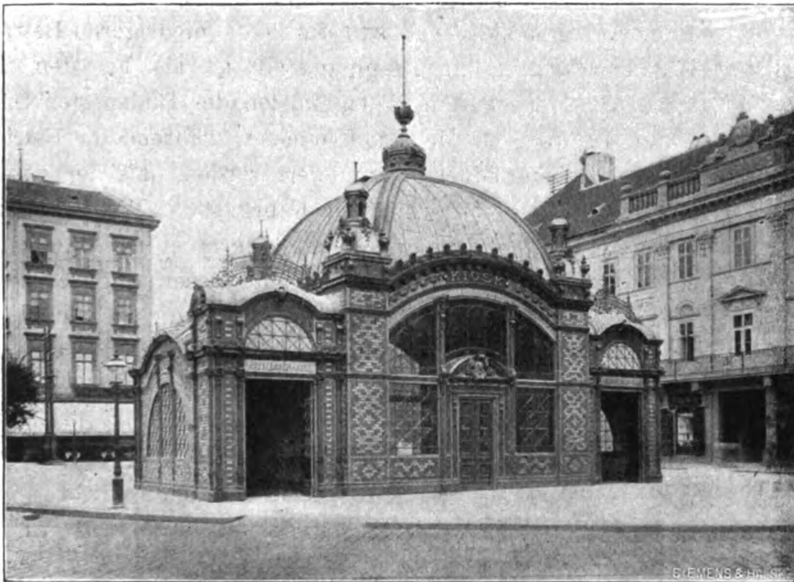


Fig. 21. **Ansicht des Kioskes und der Treppenhäuschen der Haltestelle Franz-Deákplatz.**

Der höchste Fahrpreis für die ersten 15 Jahre der Konzessionsdauer wurde mit 10 Kreuzer für eine Person festgesetzt. Nach dem 15. Jahre hat die Stadtgemeinde das Recht, den Fahrpreis herabzusetzen. Die Konzessionsdauer beträgt 90 Jahre, vom Tage der Inbetriebsetzung an gerechnet.

Kaiser Franz Joseph machte am 8. Mai eine Fahrt auf der Untergrundbahn vom Gisellaplatz in das Stadtwäldchen und gestattete, dafs die Untergrundbahn künftig den Namen „Franz Joseph-Elektrische Untergrundbahn" führt.

Während seiner Anwesenheit in Budapest am 20. September vergangenen Jahres besichtigte Kaiser Wilhelm die Einrichtungen

der Franz-Joseph-Untergrundbahn und unternahm in Gemeinschaft mit dem ungarischen König eine Fahrt auf derselben. Kaiser Wilhelm bekundete ein ganz aufserordentliches Interesse für die Untergrundbahn und unterrichtete sich sehr eingehend über Bau-Einrichtung und Frequenz, wobei er wiederholt der besonderen Anerkennung für dieses in seiner Art einzig dastehende Verkehrsmittel Ausdruck verlieh.

Ziehen wir zum Schlufs dieser Betrachtungen kurz die Vorteile zusammen, welche eine derartig ausgeführte Bahn wie die Budapester Unterpflasterbahn einer Tieftunnelbahn gegenüber bietet, so finden wir zuerst, dafs die Rentabilität einer solchen Anlage sowohl durch die geringeren Anlagekosten, als auch durch die niedrigeren Betriebskosten bedeutend weniger in Frage gestellt ist als bei den Tieftunnelbahnen. So betragen die Anlagekosten der Budapester Untergrundbahn nur 1700000 M. für den Kilometer, während die Betriebskosten im wesentlichen dadurch vermindert werden, dafs der gesamte Betrieb für die Vertikalbeförderung der Fahrgäste in Wegfall kommt, also auch der Personalaufwand ein äufserst geringer ist. Aufserdem kommt das Durchfahren dieser Bahnen durch wasserhaltige Schichten nur in geringerem Mafse vor. Ferner kann durch die Gestaltung des Tunnelquerschnittes die Form der Wagen derartig ausgeführt werden, dafs dieselbe sämtlichen an ein modernes Beförderungsmittel gestellten Ansprüchen entspricht und schliefslich geht das Befahren dieser Bahnen sanft und fast geräuschlos vor sich.

Nach dem Muster der Budapester Unterpflasterbahn wird zur Zeit eine Untergrundbahn in Boston ausgeführt.

Auch hier in Boston hatte nach Einführung des elektrischen Betriebes der Umstand, dafs gröfsere Wagen mit gröfserer Geschwindigkeit verkehrten, dem Verkehr eine wünschenswerte Erleichterung verschafft. Doch währte dies nicht lange, da die elektrischen Strafsenbahnen bald an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt waren, sodafs man zur Einführung einer Untergrundbahn schritt und nach langer reiflicher Überlegung schliefslich zur Erbauung einer Unterpflasterbahn kam.

Dieselbe wird teils 4-, teils 2-gleisig angelegt, beginnt als Oberflächenbahn und sinkt alsdann mit einem Gefälle von 5 pCt. unter Strafsenoberfläche, woselbst sie in einem Tunnel fortgeführt wird, dessen Querschnitt eine lichte Höhe von 4,27 m und lichte Breite von 7,3 m für je zwei Gleise aufweist.

Diese 2,2 km lange Bahn ist die erste ihrer Art in Amerika und soll vorzüglich dem Zwecke dienen, den übrigen Strafsenverkehr

zu entlasten. Sie erhält gleichartige Betriebsmittel wie die Strafsenbahnen, damit die Wagen der elektrischen Strafsenbahnen auch auf die Untergrundbahn übergehen können.

Hochbahnen.

Als erste Hochbahn wurde die „Liverpool Overhead Railway“ ausgeführt. Dieselbe wurde aus dem Grunde in dieser Stadt angelegt, weil einerseits die vorhandenen, mit Lokomitivbetrieb versehenen Tunnelbahnen sich die Gunst des Publikums trotz umfangreicher Ventilationsanlagen nicht hatten erwerben können, andererseits aber der Verkehr mittelst der Oberflächen-Bahnen bei den wachsenden Entfernungen zwischen den ausgebauten Docks sich keineswegs mehr als ausreichend erwies. Die Bahn ist seit Februar 1893 eröffnet und unter Leitung desselben Ingenieurs Greathead erbaut, von dem die vorher erörterten elektrischen Untergrundbahnen in London stammen.

Die 10 km lange Bahn ist zweigleisig und liegt fast durchweg auf einem eisernen Brückengerüst direkt über zwei durchlaufenden Dockgleisen. Der ganze Viadukt ist etwas schwerfällig in der Erscheinung, weil mit Rücksicht auf die Lage der Bahn wohl auf eine gefällige Formgebung weniger Wert gelegt wurde.

Die Züge bestehen aus 2 Wagen. Die Wagen sind mit Drehschemeln konstruiert.

Die Motoren sind an den Drehschemeln an beiden Enden des Zuges angebracht und können von jedem der beiden Führerstände aus eingeschaltet werden.

Die Beförderung auf der Liverpooler Hochbahn geschieht unter Einrechnung der Aufenthalte mit einer Geschwindigkeit von 20 km in der Stunde. Es sind automatische Signale angeordnet, indem der fahrende Wagen selbst auf elektrischem Wege das hinter ihm liegende Signal auf „Halt“ und das nächste zurückliegende Blocksignal für einen folgenden Zug auf „Freie Fahrt“ stellt. Durch diese Signal-Einrichtung ist eine Zugfolge von 3 Minuten Zwischenraum ermöglicht. Thatsächlich folgen sich die Züge nach dem jetzigen Fahrplane in Abständen von 5 bis 10 Minuten.

Der Verkehr hat im zweiten Halbjahre 1894 die Höhe von 3641000 Personen erreicht. An einem Feiertage hat man 40000 Personen in 8 Stunden befördert.

Die zweite elektrisch betriebene Hochbahn ist die Metropolitan West-Side-Elevated Railroad in Chicago. Dieselbe

wurde am 6. Mai 1895 eröffnet und war ursprünglich für den Betrieb mit Dampflokomotiven geplant. Die günstigen Ergebnisse des elektrischen Betriebes aber, welche sich bei der elektrischen Welt-Ausstellungsbahn zu Chicago auch in finanzieller Hinsicht ergaben, führten dazu, die Anwendung der elektrischen Zugkraft in Aussicht zu nehmen.

Die Gesamtlänge der Bahn beträgt 26 km.

Dieselbe ist in der Hauptstrecke viergleisig und in den abzweigenden Linien zweigleisig ausgeführt.

An Betriebsmitteln sind gegenwärtig zunächst 55 Antriebs- und 100 Anhängewagen vorhanden.

Die dritte in Ausführung begriffene elektrische Hochbahn ist die „Elektrische Stadtbahn Berlin“.

Über die Entstehung dieser Bahn sei kurz folgendes erwähnt.

Nachdem das von Dr. Werner von Siemens im Jahre 1880 aufgestellte elektrische Hochbahn-Projekt für die Friedrich- und Leipzigerstrafse in Berlin von den zuständigen Behörden im Hinblick auf die örtlichen Verhältnisse abgelehnt war, legte die Firma Siemens & Halske im Jahre 1890 den allgemeinen Entwurf eines Netzes von elektrischen Bahnen in Berlin, bestehend teils aus Hoch-, teils aus Tunnel- und teils aus Strafsenbahnen vor. In diesem allgemeinen Entwurf war bereits die jetzt zur Ausführung kommende elektrische Stadtbahn vom Zoologischen Garten bis zur Warschauer-Brücke enthalten. Es wurde zunächst für diese eine Linie die Durchführbarkeit dargethan, worauf die beteiligten Behörden und Gemeinden im Oktober 1891 über diesen Entwurf mit der Firma Siemens & Halske in Verhandlung traten, welche schliefslich zur Genehmigung der jetzt in Ausführung begriffenen Linie führten.

Diese Linie nimmt ihren Anfang am Zoologischen Garten unmittelbar an dem Bahnhof „Zoologischer Garten“ der Berliner Stadteisenbahn, überschreitet mit einer Krümmung von 60 m Radius den Kurfürstendamm, durchbricht den Häuserblock daselbst und legt sich mit einer gleichen Gegenkrümmung über den Mittelstreifen des grofsen Gürtelstrafsenzuges Tauenzien-, Kleist- und Bülowstrafse bis zum Dennewitzplatz. Hier durchbricht die Bahn an der Lutherkirche den Häuserblock der Dennewitzstrafse und überschreitet die Gleise der Potsdamer Bahn, bildet auf dem Gelände des alten Dresdener Bahnhofes ein grofses Gleis-Dreieck, dessen eine Seite bis nach dem Potsdamer Platz verlängert wird, während eine andere Seite als durchgehende Linie das Tempelhofer Ufer, den Landwehrkanal und die

Anhalter Bahn überschreitet. Von hier verfolgt die Linie das Hallesche Ufer bis zur Belle-Alliance-Brücke, schwenkt von da ab in die Gitschinerstrafse über den Wasserthor-Platz, läuft den Mittelstreifen der Skalitzerstrafse bis zum Schlesischen Thor entlang, geht durch die Oberbaumstrafse über die neuerbaute Oberbaumbrücke auf besonderem Viadukt und endigt in unmittelbarer Nähe der Stadtbahnstation „Warschauerstrafse" in der Endstation Warschauer-Brücke.

Die ganze Länge der Bahn beträgt 10,5 km.

Sie erhält 13 Haltestellen im durchschnittlichen Abstande von 800 m und zwar für die durchgehende Linie am Zoologischen Garten,

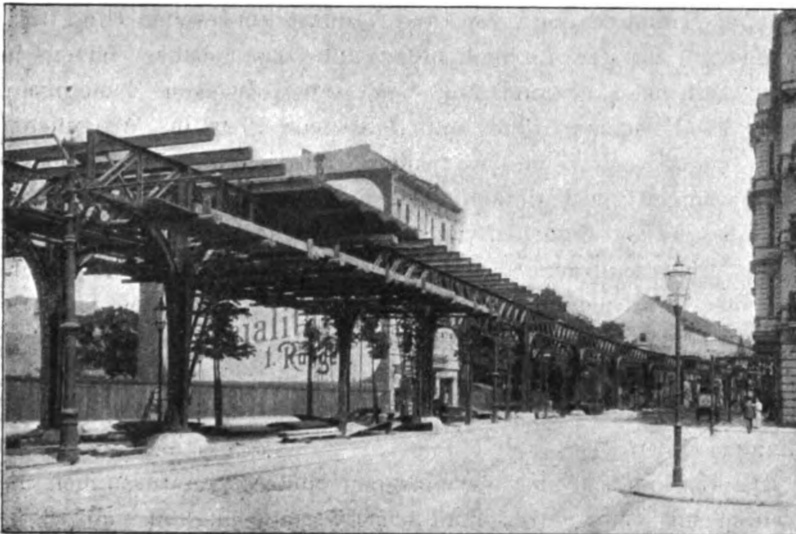


Fig. 22. Viadukt der Elektrischen Stadtbahn in der Gitschinerstrafse.

auf dem Wittenberg-Platz, dem Nollendorf-Platz, an der Potsdamer-Strafse (Ecke Bülowstr.), an der Möckernbrücke und der Belle-Alliance-Brücke, an der Prinzenstrafse (Ecke Gitschinerstr.), am Kottbuser Thor, am Görlitzer Bahnhof (Manteuffelstr.), am Schlesischen und Stralauer Thor, sowie an der Warschauerbrücke und für die Abzweigungen einen Endbahnhof am Potsdamer Platz, an welcher Stelle die Bahn nach Überschreitung des Landwehrkanals nach dem Muster der Budapester Untergrundbahn als Unterpflasterbahn ausgebildet wird.

Die Höhe der Schienenoberkante der elektrischen Stadtbahn ergab sich aus der Forderung, dafs ihre Träger-Unterkante über dem Mittelstreifen der Gürtelstrafse mindestens 2,80 m liegen müsse, um

der Feuerwehr noch freie Bewegung mit ihren Geräten und Spritzen zu sichern und dafs für die sämtlichen Strafsenkreuzungen eine lichte Durchfahrtshöhe von 4,55 m einzuhalten war. Es weist die Kronenlinie der elektrischen Stadtbahn nur dort starke Neigungen auf, wo sie die Staatsbahnen überschreitet und wo sie sich zur Tunnelstrecke am Potsdamer Platz hinsenkt. An diesen Punkten sind Neigungen von 1 : 40 angewendet. Im übrigen überschreiten die Steigungen der Bahn das Verhältnis von 1 : 100 nicht.

Die Tragegerüste der elektrischen Stadtbahn sind in den Strafsen mit alleiniger Ausnahme weniger Pfeiler in Eisen ausgeführt; dort wo Häuserblocks durchbrochen werden und auf dem Gelände des Dresdener Bahnhofes sind gewölbte Viadukte vorgesehen (Fig. 22).

Sowohl auf der durchgehenden Linie Zoologischer Garten bis Warschauerbrücke als auch auf den beiden Zweigen Zoologischer Garten bis Potsdamer Platz und Potsdamer Platz bis Warschauer-Brücke werden die Züge in beiden Fahrtrichtungen zunächst in Zwischenräumen von 6 Minuten verkehren.

Dabei ist der Fahrplan derart eingerichtet, dafs auf den Teilstrecken Möckernbrücke bis Warschauerbrücke und Zoologischer Garten bis Potsdamerstrafse die Züge sich in 3 Minuten in jeder Richtung folgen. Bei eintretendem Bedürfnis kann die Zugfolge auf den einzelnen Linien ohne weiteres bis auf 4 Minuten verdichtet werden, sodafs auf den letztgenannten Teilstrecken eine Zugfolge von 2 Minuten eintritt.

Die Züge setzen sich aus einzelnen Motorwagen zusammen und verkehren mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 28 km in der Stunde einschliefslich der Aufenthalte auf den Haltestellen und dürfen eine höchste Geschwindigkeit von 50 km in der Stunde erreichen.

Die im Bau begriffene Stadtbahn von der Warschauerbrücke bis zum Zoologischen Garten erhält, wie schon erwähnt, eine Zweiglinie nach dem Potsdamer Bahnhofe, die in einem unmittelbar unter dem Pflaster liegenden, mit Eisenträgern abgedeckten Tunnel in einer Endhaltestelle am Potsdamer Bahnhofe endigt.

Diese, bereits von den zuständigen Behörden genehmigte Abzweigung soll vom Potsdamer Bahnhof aus unter der Königgrätzerstrafse und Sommerstrafse, unter dem Reichstagsufer nach dem Bahnhof Friedrichstrafse und weiter längs der Spree bis zur Schlofsbrücke fortgeführt werden. Diese Abzweigung ist von den zuständigen Behörden bereits grundsätzlich genehmigt. Im Gegensatz zu den bisher

genehmigten elektrischen Stadtbahnen, welche vorwiegend Hochbahnen sind, soll diese als sogenannte Unterpflasterbahn nach dem Muster der Franz-Joseph-Untergrundbahn in Budapest ausgeführt werden.

Eine zweite, ebenfalls schon grundsätzlich genehmigte Abzweigung vom Potsdamer Bahnhof ist in Aussicht genommen. Die Bahn soll folgende Linienführung haben:

Vom Potsdamer Bahnhof unter dem Potsdamer Platz, unter der Vofsstrafse und dem Wilhelm-Platz, der Mohrenstrafse und dem Hausvogteiplatz.

Auf der jetzt folgenden, etwa 380 m langen Strecke vom Hausvogteiplatz bis zum Spittelmarkt steigt die Bahn mittelst einer Rampe von 26,5 pCt. von der Unterpflasterbahn zu einer Hochbahn auf und folgt dann dem Laufe der Spree, kreuzt die Grün- und Rofsstrafse sowie die Inselbrücke. Hinter der letzteren wird die Hochbahn über den am Spreeufer gelegenen Bürgersteig der Strafse Neu-Kölln am Wasser geführt, verläuft an der Spree entlang an der Waisenbrücke, kreuzt die Michaelkirchbrücke und endet an der Köpenickerstrafse in die Haltestelle Köpenicker-Brücke.

Derartig angelegte Bahnen, wie die eben beschriebene elektrische Stadtbahn in Berlin vereinigen die beiden Systeme der Hoch- und Untergrundbahn, welche je nach den örtlichen Verhältnissen zur Anwendung gelangen und denen, wie schon anfangs erwähnt und wie vielleicht aus den soeben angeführten Beispielen ersichtlich, bedeutende Vorteile den Oberflächenbahnen gegenüber zur Seite stehen.

Erreicht ist dabei, dafs die schnellfahrende Stadtbahn bis in das Innerste der Stadt eindringt und die verkehrsreichsten Punkte berührt, ohne in irgend welcher Weise den übrigen Strafsenverkehr zu beeinträchtigen.

Fassen wir zum Schlufs noch einmal die Vorzüge dieser Bahnen kurz zusammen, so ergeben sich für die Tunnelbahnen, im engeren Sinne, besonders aber für die Unterpflasterbahnen nach dem Muster der Budapester Untergrundbahnen und für die Hochbahnen, gegenüber den Oberflächenbahnen, folgende Vorzüge, welche unbedingt entscheidend sein müssen für die Anlage derartiger Bahnen in gröfseren Städten.

1. Bedeutend höhere Fahrgeschwindigkeit, dadurch Zeitersparnis und grofse Benutzung seitens des Publikums, sodafs die höheren Anlagekosten vollkommen ausgeglichen werden.

2. Die Möglichkeit, diese Bahnen bis unmittelbar an die Verkehrsschwerpunkte der Städte heranzuführen, ohne Störung des übrigen Strafsenverkehrs.
3. Vereinfachter Betrieb und gröfsere Sicherheit des Betriebes.

Man kann wohl mit Recht annehmen, dafs diese Gründe schwerwiegend genug sind, um derartigen Verkehrsmitteln, von denen die bisher ausgeführten im vollsten Mafse sich bewährt haben und denen man bislang noch mit mancherlei Vorurteilen entgegentrat, für die Zukunft überall den Eingang zu verschaffen. Hoffen wir auch, dafs dies für unser Vaterland im ausgiebigsten Mafse geschehen möge, wie darin bereits der Anfang gemacht ist.





Sauerstoff auf der Sonne. Die lange umstrittene Frage, ob sich spektralanalytisch Spuren des Vorhandenseins von Sauerstoff in den absorbierenden Schichten der Sonnenatmosphäre nachweisen lassen, ist nunmehr durch Runge und Paschen endgültig im bejahenden Sinne entschieden worden. Bekanntlich hatten sich schon Janssen, Dunér und Schuster seit mehreren Jahren eingehend mit diesem Problem beschäftigt*), dessen Lösung durch das Vorhandensein des Sauerstoffs in der Erdatmosphäre in hohem Mafse erschwert war. Erst wenn Linien im Sonnenspektrum aufgefunden werden konnten, die einerseits zweifellos dem Sauerstoff angehören, andererseits aber eben so sicher solaren Ursprung dadurch zu erkennen geben, dafs sie nicht bei wechselnder Sonnenhöhe wie alle tellurischen Linien einen Intensitätswechsel aufweisen, dafür aber an den Sonnenrändern sich nach dem Dopplerschen Prinzip infolge der Rotation der Sonne in entgegengesetztem Sinn verschoben zeigen, konnte das Vorhandensein der „Lebensluft“ auf der Sonne als erwiesen betrachtet werden. Während sich nun die bekannten Sauerstoffbanden A, B und α bei früheren Prüfungen als tellurisch erwiesen hatten, gelang es Runge und Paschen, drei Linien im äufsersten Rot des Spektrums (bei den Wellenlängen 7772,20; 7774,43 und 7775,62) als zugleich solar und einem unter bestimmten Verhältnissen bei elektrischen Entladungen im Vacuum (ohne Einschaltung von Leydener Flaschen oder einer Funkenstrecke) auftretenden Sauerstoffspektrum angehörig zu erweisen. Diese Entdeckung ist inzwischen von Jewell, der anfänglich widersprechen zu müssen glaubte, nach genauer Prüfung vollauf bestätigt worden, und die beiden deutschen Forscher haben dem ersten Linientripel auch noch andere der gleichen „Reihe“ hinzufügen können, die allerdings in sehr reiche Spektralgebiete fallen und darum eine nicht so sichere Identifizierung zulassen. F. Kbr.

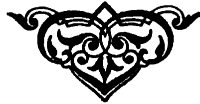
*) Vgl. Himmel und Erde VII S. 228.



Kohlenstoff im Kalksteingebirge.

Um die Menge des in den Steinkohlenflözen der Karbonformation aufgespeicherten Kohlenstoffes zu erklären, hat man neben manchen anderen Ursachen auch einen Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure angenommen, der den heutigen weitaus übertroffen haben soll. Die Unzulänglichkeit dieser Annahme aber läfst sich sehr einfach nachweisen. Wohl ist jener ungeheure Schatz an Kohlenstoff durch die Vegetation der Steinkohlenpflanzen der Atmosphäre in Form von Kohlensäure entzogen worden, aber die Mengen dieses Gases, die dabei in Betracht kommen, spielen nur eine ganz untergeordnete Rolle, wenn man sie mit denjenigen Massen vergleicht, die von den ältesten paläozoischen Formationen an bis zur heutigen Zeit der Luft entzogen wurden, um zur Bildung von Kalkstein Verwendung zu finden. Der reine Kalkstein sowohl wie der Dolomit bestehen, abgesehen von thonigen oder sandigen Verunreinigungen, ganz und gar aus Karbonaten, aus Verbindungen der Kohlensäure mit Kalkerde und Magnesia in wechselndem Mengenverhältnis, und zwar sind im reinen Kalkstein etwa 44, im reinen Dolomit etwa 48, in Wirklichkeit bei Berücksichtigung der Verunreinigungen einige Prozente weniger an Kohlensäure enthalten. Wenn man nun ein Bild von den Kohlenstoffmengen gewinnen will, die in den Kalksteingebirgen aufgespeichert sind, so braucht man sich nur die Massen des in einer Volumeneinheit enthaltenen Kohlenstoffes stöchiometrisch zu berechnen und unter Berücksichtigung des spezifischen Gewichtes auf Kohle umzurechnen. Eine solche Berechnung aber ergiebt das Resultat, dafs eine Kalksteinschicht von $3^1/_2$ Meter Mächtigkeit soviel Kohlenstoff enthält, wie in einem 1 Meter mächtigen Steinkohlenflöz von gleicher Gröfse aufgespeichert ist. Wenn man nun die gewaltige Mächtigkeit von Kalklagern berücksichtigt, so ist es leicht einzusehen, dafs in ihnen unendlich viel gröfsere Quantitäten von Kohlenstoff aufgespeichert sind als in den gesamten Steinkohlenflözen der Steinkohlenformation zusammengenommen. Wenn man beispielsweise die Mächtigkeit des deutschen Muschelkalkes mit etwa 100 Metern in Ansatz bringt, so ergiebt sich ein Kohlenstoffquantum, welches einem Flöz von etwa 28 Metern entsprechen würde, und ganz analog stellen sich die Berechnungen bei den Kalksteinen der übrigen Formationen. Man hat fernerhin berechnet, dafs die gesamten Kalksteingebirge der Erde ausreichen würden, um die gesamte Erdoberfläche mit einer Kalksteinschicht von 30 Metern Mächtigkeit zu überkleiden; dieselbe würde also nach dem Gesagten einer Steinkohlenmasse gleichwertig

sein, die, in zusammenhängender Schicht über die ganze Erde ausgebreitet, eine Mächtigkeit von beinahe 9 Metern repräsentieren würde, während die Steinkohlenflöze selbst, in gleicher Weise als zusammenhängende Schicht gedacht, den Betrag von Millimetern kaum überschreiten würden. Aus dieser Erwägung heraus und aus dem Umstande, dafs diese Entziehung von Kohlensäure aus der Luft zum Zwecke der Kalksteinbildung durch alle geologischen Formationen stattgefunden hat und noch heute fortdauert, läfst sich mit vollkommener Sicherheit der Schlufs ziehen, dafs der Prozentgehalt der Luft an Kohlensäure während der verschiedenen Formationen nur ganz minimalen Schwankungen unterworfen war, und dafs jene eingangs erwähnte Hypothese als vollständig hinfällig zu betrachten ist. K.





M. W. Meyer. Das Weltgebäude, eine gemeinverständliche Himmelskunde. Leipzig, Wien, Bibliogr. Institut, 1898.

Die meisten der bisher über populäre Astronomie geschriebenen Bücher weichen in der Methode ihrer Darstellung des astronomischen Wissens von dem vorliegenden Werke ab. Sie entwickeln zuerst die für das Verständnis der einzelnen Materien nötigen Grundbegriffe und Erklärungen und geben dann an der Hand dieser eine Übersicht über die einzelnen Kapitel der Forschungsresultate. Der Verfasser geht in seinem Buche ganz wesentlich anders vor. Er vermeidet zunächst rein theoretische Definitionen so viel als nur möglich und sucht vielmehr ein Gesamtbild aller Erscheinungen zur Anschauung zu bringen, wie sich dieselben uns im Fernrohre, auf der photographischen Platte und im Spalte des Spektroskopes darbieten. Demgemäfs beginnt er mit der Erklärung der optischen Wirkungsweise des Fernrohres und den Grundprinzipien der astronomischen Photographie, Photometrie und Spektralanalyse. Darauf folgt eine anschauliche Beschreibung alles dessen, was eben diese instrumentellen Hilfsmittel über die einzelnen Himmelskörper gelehrt haben. Den Anfang macht der Mond. Nach Erläuterung des Augenscheinlichsten an diesem Weltkörper, nämlich der Lichtphasen, knüpft der Verfasser hieran sofort die Erörterungen über den Zusammenhang der Mondbeleuchtung mit der Darstellung der Terraineigentümlichkeiten der Mondoberfläche, die Wirkung der Libration, die Verwendung der Schatten der Mondberge zur Höhenbestimmung, worauf er die allmähliche Entwickelung unserer Kenntnisse in der Mondtopographie und eine Beschreibung der Maare, Krater, Ringgebirge und Rillen folgen läfst. Mit den Fragen über etwaige Veränderungen der Mondoberfläche und über die mögliche Existenz von Wasser und Wolken schliefst das Kapitel. Dann kommt Planet Merkur zur Beschreibung. Auch hier von den Lichtphasen ausgehend, werden die Eigentümlichkeiten der Merkuroberfläche, die gesehenen Flecke und Streifen, das Spektrum, und die Konstatierung des Nichtvorhandenseins einer Rotation dieses Himmelskörpers abgehandelt. In dieser Weise, also die eigentliche Beschreibung der Gestirne zur Hauptsache machend, geht der Verfasser die Reihe der Planeten durch, wendet sich hierauf zur Beschreibung der Kometen und Meteoriten, des Zodiakallichtes und schliefst mit der Sonne. In gleicher Art erfahren die Ergebnisse über die Fixsterne, Nebelflecke, Doppelsterne und Veränderlichen ihre Besprechung. Voraussetzungen werden in diesem ersten Teile möglichst wenige gemacht, und wo solche nicht ganz vermieden werden können, z. B. bezüglich der Gröfse und Entfernung der Planeten, weifs sich der Verfasser mit sehr einfachen Hilfsmitteln zu helfen. Auch des rein Hypothetischen wird in recht mafsvoller Weise gedacht. Betreffs der Hinstellung der Marskanäle als Werke der Marsbewohner möchte Referent dem Verfasser nicht beistimmen, vielmehr setzt er seine Hoffnung immer noch auf eine einstige Erklärung jener merkwürdigen Erscheinung durch den weiteren Fortschritt der optischen Physik. Nachdem im ersten

Teile eine Übersicht der Erscheinungen erlangt und das Interesse des Lesers an dem Gegenstande, nicht wenig durch Beigabe trefflicher Photographien und Zeichnungen, geweckt worden ist, entwickelt ein zweiter Teil des Werkes die theoretische Seite der Himmelskunde, die Bewegungen der Himmelskörper, ihre Bahnverhältnisse und die Ergebnisse der astronomischen Mefskunst. Ein Vorkapitel, welches die vornehmlichsten Mefswerkzeuge, den Meridiankreis, das Äquatorial, das Universal, die Mikrometer und das Messen mit denselben, den Gebrauch der Uhren und die Einrichtung der Sternwarten überhaupt beschreibt, bereitet auf diesen Teil vor. Den ersten Abschnitt macht ein Abrifs der populären Geodäsie: nachdem die Beweise für die Kugelgestalt der Erde gegeben sind, wird gezeigt, wie man durch astronomische Beobachtung die Lage von Punkten auf der Erdoberfläche ermittelt und durch vielfache Bestimmung solcher Punkte (Gradmessung) schliefslich zur Erkenntnis der Dimensionen des Erdkörpers gelangt, ferner, wie die Verwendung der Pendelapparate zur Ausmittelung der Erdabplattung, der Lotabweichungen geführt und ihren Anteil an der schliefslichen heutigen Definition der wahren Erdgestalt gehabt hat. Die Erwägung der Beziehungen der Sonne zur Erde leitet darauf hinüber zur Entstehung der Zonen der Erde, der Jahreszeiten, der Beschaffenheit der Erdbahn und zur Erkenntnis der Bewegungseigentümlichkeiten der Präzession und Nutation. Nun wird die Bewegung des benachbartesten der Himmelskörper, des Mondes, in Betrachtung gezogen, es ergeben sich die Gleichungen in seiner Bahn und die Gröfse seiner Parallaxe; daraus entspringend, reihen sich die Kapitel über die Sonnen- und Mondfinsternisse, über die Planetenvorübergänge vor der Sonne, sowie das Wichtigste über das Kalenderwesen der Völker aneinander. Dann steigt der Verfasser zu den Schlüssen hinauf, welche wir aus der scheinbaren Bewegung der Planeten, ihren Stillständen und Umkehrungen ziehen können, gelangt zu Keplers Grundgesetzen, erörtert weiter die merkwürdigen Bahnverhältnisse bei den Kometen und schliefst mit der Darstellung der bisher erkannten Bewegungen in den Sternsystemen und mit einem Essay über die alle Bewegungen verursachende Kraft, die Gravitation. Alle diese Ableitungen geschehen auf möglichst elementarem Wege. Die Geschicklichkeit, mit welcher der Verfasser die Bewegungsverhältnisse aus den Thatsachen der Beobachtung zwingend und zugleich populär abzuleiten weifs, ist den Lesern ohnehin schon aus dem in unserer Zeitschrift von Dr. Meyer gemachten „Versuch einer beweisführenden Darstellung des Weltgebäudes in elementarer Form“ hinreichend bekannt. Referent möchte nur hervorheben, dafs unter den verschiedenen Kapiteln des 2. Teils ihm die Ableitung der drei Keplerschen Gesetze aus gegebenen Oppositionsbeobachtungen eines Planeten zu den besten Darstellungen zu gehören scheint, welche die populäre Astronomie überhaupt besitzt Ein so schwieriges Unternehmen, in der Anlage und ganzen Durchführung eines zusammenfassenden Werkes über Astronomie seine eigene, vom bisher Üblichen sehr verschiedene Methode zu verfolgen, wird freilich nicht ohne kleine Mängel bleiben können. Der Stoff, die Details der Forschungsergebnisse, auch diese und jene interessanten Ergebnisse der neueren Zeit müssen notwendig etwas zurücktreten vor dem Hauptgedanken, von dem Zusammenhange der Erscheinungen ein einheitliches Bild zu geben, und die Beziehungen der letzteren zu einander logisch zu entwickeln. Die astronomischen Fachleute werden also bei einzelnen Kapiteln betreffs der Vollständigkeit der Materien vielleicht manches vermissen, indefs ist es sehr fraglich, ob bei einer weiteren Ausbreitung des Materials die Absicht, ein gleichmäfsig entwickeltes und gut durchgearbeitetes Bild des gegenwärtigen Standes der Astronomie zu schaffen, hätte noch erreicht werden können; und in der

jetzigen Fassung des Buches ist dem Verfasser — dies werden die Fachleute zugeben — die Verwirklichung seiner Intention in vorzüglicher Weise gelungen. Der richtigen Würdigung des Werkes thun also hoffentlich auch nicht mehrere kleine Unrichtigkeiten und Ungenauigkeiten in Zitaten oder Details Abbruch, die vorgekommen sind, die aber in einer späteren Auflage des Buches leicht verbessert werden können. Noch bleibt zu erwähnen, dafs der Verfasser am Schlusse seines Werkes den Versuch gemacht hat, eine allgemeine Hypothese der Weltbildung aufzustellen, und zwar auf atomistischer Grundlage, was wohl mit dem Hinweise auf die modernen wissenschaftlichen Bestrebungen in anderen Disziplinen, namentlich der Physik, die Atombewegung als Basis der Theorien zu betrachten, gerechtfertigt sein dürfte. Das Werk ist glänzend ausgestattet; aufser einer sehr grofsen Zahl von Text-Illustrationen enthält es 18 Farbendrucke, von denen mehrere, wie die Kometenlandschaft, die Darstellung einer partiellen Mondfinsternis und einer Sonnenfinsternis auf dem Monde, künstlerisch wirken, einige andere, wie die verkleinerte Lohrmannsche Mondkarte, die Karte der Verteilung der Nebelflecke und Sternhaufen, aber auch höheren wissenschaftlichen Wert besitzen. 13 vorzüglich ausgeführte Tafeln betreffen die Darstellung der Instrumente und die Wiedergabe der Zeichnungen und Photographien.

F. K. Ginzel.

Bibliographisches.

Übersicht der Himmelserscheinungen für Juni und Juli.

Der Sternhimmel. Der allgemeine Anblick des Himmels um Mitternacht im Juni und Juli ist etwa der folgende: im Juni culminieren die Sternbilder des Herkules, Ophiuchus, des Schützen, der Schlange und Leyer, im Juli der Adler, Antinous, Gans und Fuchs. Im Untergehen begriffen sind um Mitternacht im Juni die Sternbilder des grofsen Löwen und der Jungfrau. Regulus (gr. Löwe) geht ½ Stunde vor Mitternacht unter, Mitte Juli um ½ 10 h abends, Spica (Jungfrau) gegen 1 h nach Mitternacht, im Juli gegen 11 h abends; dem Untergange nähert sich Bootes (Arctur geht gegen ½ 5 h morgens unter, im Juli um ½ 3 h). Im Aufgange sind der Wassermann, das kleine Pferd und Pegasus, später die Fische, in den ersten Morgenstunden der Walfisch. Im Juli wird in der Morgendämmerung allmählich der Stier sichtbar. Antares (α Scorpii) geht Mitte Juni um ½ 8 h abends auf (Juli ½ 6 h), Aldebaran (α Tauri) erst gegen ½ 4 h morgens (Juli ½ 2 h). Zur leichteren Orientierung folgt hier die Angabe der Tage, an welchen einige hellere Sterne ungefähr um Mitternacht für Berlin culminieren:

1. Juni	η Herculis	(3. Gr.)	(AR 16 h	39 m,	D + 39°	7′)
8. „	α Herculis	(variabel)	17	9	+ 14	30
15. „	ι Herculis	(3. Gr.)	17	36	+ 46	3
22. „	72 Ophiuchi	(3. Gr.)	18	2	+ 9	33
29. „	α Lyrae	(1. Gr.)	18	33	+ 38	41
1. Juli	ε Lyrae	(4. Gr.)	18	40	+ 39	33
8. „	π Sagittarii	(3. Gr.)	19	4	— 21	11
15. „	ϑ Cygni	(4. Gr.)	19	33	+ 49	59
22. „	ϑ Aquilae	(3. Gr.)	20	6	— 1	7
29. „	ε Delphini	(4. Gr.)	20	28	+ 10	57.

Juni und Juli sind der Beobachtung des Himmels nicht sehr günstig, wegen der Kürze der Nacht und der langen Dämmerung. **Helle, veränderliche Sterne**, welche vermöge ihrer günstigen Stellung einige Stunden vor und nach Mitternacht beobachtet werden können, sind:

α Herculis	(Variabilität	zw.	3.2	und	4.0	Gr.	Periode:	irregulär)
δ Librae	(„	„	4.9	„	6	„	„	2,3 Tage)
β Lyrae	(„	„	3.4	„	4.5	„	„	13 „)
R Lyrae	(„	„	4.3	„	4.6	„	„	46 „)
η Aquilae	(„	„	3.5	„	4.7	„	„	7 „)
δ Cephei	(„	„	3.8	„	5.0	„	„	5 „)
β Pegasi	(„	„	2.2	„	2.7	„	„	irregulär)

Von grofsen Nebeln können aufgesucht werden: der Dumbbell-Nebel im Fuchs, der Ringnebel in der Leyer, der Omeganebel im Schützen, mehrere gröfsere Nebel im Schwan.

Die Planeten. Merkur ist in der Morgendämmerung vor Sonnenaufgang noch einige Zeit sichtbar, nähert sich jedoch mehr und mehr der Sonne; Ende Juni culminiert er gleichzeitig mit letzterer und wird im Juli allmählich wieder abends nach 8 Uhr sichtbar. Am 22. Juni stehen Merkur und Neptun nahe bei einander, am 26. Juli findet eine ähnliche starke Annäherung an Regulus statt. — Venus ist Abendstern und steht im Sternbild der Zwillinge, am 12. Juni unterhalb Castor und Pollux, in der 2. Hälfte Juni tritt sie in den Krebs und nach Anfang Juli in den Löwen (am 13. Juli etwas nördlich von α Leonis). Sie geht anfangs Juni nach Mitternacht, Ende Juni nach 10^h abends unter, im Juli werden ihre Tagbögen kürzer und Ende Juli verschwindet sie $1^h 20^m$ nach Sonnenuntergang am Horizonte. — Mars steht Anfang Juni in der Entfernung 1.90 von der Erde (Distanz Sonne — Erde = 1 gesetzt), vermindert aber diese Entfernung fort und fort, Ende Juli ist die Distanz 1.64. Anfänglich Morgenstern und im Sternbild des Widder stehend, wird er allmählich besser und zwar Ende Juni nach 1^h morgens beobachtbar; im Juli geht er in den Stier und passiert Mitte Juli die Plejaden, etwa 5 Grad südlich dieser Sterngruppe; Ende Juli findet sein Aufgang schon bald nach Mitternacht statt. — Jupiter culminiert anfangs Juni um 7^h abends und geht um 1^h morgens unter, später culminiert er immer früher und geht Ende Juli um $^3/_4\,10^h$ abends unter. Während des ganzen Juni und Juli ist Jupiter im Sternbild der Jungfrau und wird nahe η Virginis (3. Gr.) anfänglich etwas nordwestlich, später etwas südlich von diesem Sterne, leicht gefunden. — Saturn steht im südwestlichen Teile des Ophiuchus, culminiert monatanfangs kurz vor Mitternacht und geht $^1/_2\,8^h$ abends auf und 4^h morgens unter, später verschiebt sich die Culmination um 2^h früher, und Ende Juli erfolgt der Untergang schon vor Mitternacht. Am 23. Juni findet man ihn $6^1/_2$ Grad nördlich vom Sterne Antares (α Scorpii, 1. Gr.); er bewegt sich in ungefähr nordwestlicher Richtung zwischen den Sternen χ und ψ Ophiuchi hindurch. Der Ring des Saturn ist gut sichtbar, da die Stellung des Saturn gegen die Sonne sich der Zeit nähert, wo die nördliche Ringfläche dem Erdbeobachter ihren gröfsten Durchmesser darbieten wird. — Uranus befindet sich, wie Saturn, im Scorpion und culminiert um eine halbe Stunde früher als Saturn, Ende Juli geht er gleichzeitig mit Saturn unter. Man findet Uranus in der Nähe von δ Scorpii (2.3 Gr.), etwa $2^1/_4$ Grad nördlich von diesem Stern. — Neptun wird erst Ende Juni besser auffindbar, wo man ihn dann zwischen den Hörnern des Stieres, etwas westlich von ζ Tauri (3.3 Gr.) findet. Ende Juli geht er gegen Morgen 1^h auf.

Für Berlin sichtbare Sternbedeckungen durch den Mond.

			Eintritt			Austritt		
4. Juni	A Ophiuchi	(5. Grösse)	9 h	13 m	abends	10 h	19 m	abends
5. „	λ Sagittarii	(3. „)	11	25	„	0	33	morg.
23. „	o Leonis	(3.6 „)	8	28	„	9	17	abends (Eintr. kurz n. Sonn-Unterg.)
30. Juli	λ Sagittarii	(3. „)	8	43	„	9	54	„

Mond.

Vollmond	am 4. Juni.	Aufg. 8h 48m abends;	Unterg. 3h 54m	morgens.
Letztes Viert.	„ 11. „	„ um Mitternacht.	„ 0 16	nachm.
Neumond	„ 19. „	—		—
Erstes Viert.	„ 27. „	„ 0 50 nachm.	„ 11 23	abends.
Vollmond	„ 3. Juli.	„ 8 22 abends.	„ 4 4	morgens.
Letztes Viert.	„ 10. „	„ 10 46 „	„ nach Mittag.	
Neumond	„ 18. „	—		—
Erstes Viert.	„ 26. „	„ 1 16 nachm.	„ 10 9	abends.

Erdnähen 5. Juni, 3. und 31. Juli, Erdfernen 19. Juni, 16. Juli.

Mondfinsternis 3. Juli (sichtbar für Deutschland).

Anfang	8h	39m	abends für Berlin	Grösse: 11,2 Zoll.
Mitte	10	11	„ „ „	
Ende	11	43	„ „ „	

Sonnenfinsternis 18. Juli (nur auf der südlichen Erdhälfte sichtbar).

Sonne:

	Sternzeit f. den mittl. Berl. Mittag			Zeitgleichung		Sonnenaufg. f. Berlin.		Sonnenunterg. f. Berlin.	
1. Juni	4h	39m	49s0	— 2m	24s8	3h	43m	8h	10m
8. „	5	7	24.9	— 1	13.3	3	41	8	17
15. „	5	35	0.8	+ 0	11.9	3	39	8	22
22. „	6	2	36.7	+ 1	43.2	3	39	8	24
29. „	6	30	12.6	+ 3	11.5	3	42	8	24
1. Juli	6	38	5.7	+ 3	34.9	3	43	8	23
8. „	7	5	41.7	+ 4	47.7	3	49	8	20
15. „	7	33	17.6	+ 5	42.0	3	57	8	14
22. „	8	0	53.5	+ 6	12.3	4	6	8	5
29. „	8	28	29.4	+ 6	14.2	4	17	7	55



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Strafse zum Vesuvgipfel und Observatorium.



Die Temperatur der Sonne.

Von Prof. Dr. J. Scheiner.

Das Problem, die Temperatur der Sonne zu bestimmen, gehört auf den ersten Blick zu den völlig unlösbaren. Weifs doch jeder, dafs sich kaum zu bewältigende Schwierigkeiten schon den Versuchen entgegenstellen, genaue Werte für hohe Temperaturen zu ermitteln, die im Laboratorium oder in der Technik ihre Verwendung finden, und dafs diese Aufgabe für die höchsten auf Erden herstellbaren Temperaturen keineswegs mit befriedigender Genauigkeit gelöst ist. Wie grofs müssen erst diese Schwierigkeiten sein, wenn es sich darum handelt, die Temperatur eines Weltkörpers zu erkennen, der durch eine Entfernung von 20 Millionen Meilen von uns getrennt ist, also keineswegs wie ein glühender oder brennender Körper im Laboratorium behandelt werden kann? In der That sind die entgegenstehenden Schwierigkeiten grofs, und zum Teil sind sie bisher auch noch unüberwindlich.

Aber wann haben je die Schwierigkeiten eines Problems die Menschheit von Versuchen, sie zu besiegen, abgeschreckt? Sie haben im Gegenteil nur anlockend gewirkt, denn die Befriedigung über eine glückliche Lösung wächst mit dem Aufwand der dazu erforderlichen Kräfte und auch mit der Menge der dadurch zu erhoffenden Ausbeute an Ruhm und Ehre und eventuell auch an Macht und Geld.

Bei den aufserordentlich zahlreichen Versuchen, die Temperatur der Sonne zu ermitteln, sind aber die letzteren Beweggründe wohl niemals vorhanden gewesen; denn ihr Ziel kann nur ein rein wissenschaftliches Interesse haben, höchstens ein allgemein menschliches, niemals aber ein solches, welches neue Bahnen in der Technik eröffnen oder einen Industriezweig beleben könnte.

Schon in den frühesten Zeiten hat die Menschheit erkannt, dafs sie der Sonne, der Licht- und Wärmespenderin, ihr ganzes Dasein verdankt. Man ersieht dies noch aus der uralten und über die ganze Erde gleichmäfsig entstandenen Einteilung der Zeit nach Jahren und Tagen, dem Wechsel der Sonnenstellungen entsprechend.

In historischen Zeiten tritt zunächst die Anerkennung der Sonne als Erhalterin des Lebens in der Götterlehre mancher Völker, insbesondere im Sonnenkultus selbst zu Tage.

In der astronomischen Wissenschaft hat man wohl ganz allgemein Jahrhunderte lang die Sonne als einen brennenden Himmelskörper betrachtet, in dem Sinne brennend, wie eben ein Stück Holz in unserer sauerstoffhaltigen Atmosphäre brennt. Zu Anfang dieses Jahrhunderts kam man indessen von dieser Ansicht zurück, indem man unter dem Einflusse Herschels annahm, die Sonne selbst sei ein dunkler Körper, der in einer gewissen Höhe über der Oberfläche nur mit einer intensiv leuchtenden und strahlenden Atmosphärenhülle umgeben sei. Im scheinbaren Einklange mit der Erscheinung der Sonnenflecken dachte man sich alsdann zwischen Sonnenkörper und Lichthülle (Photosphäre) eine undurchsichtige dunkle Wolkenhülle, die die Strahlung der Photosphäre von der Sonnenoberfläche abhielt. Es ist sehr charakteristisch für die Anschauungen der damaligen Zeit, dafs hierdurch auch die Möglichkeit gegeben war, die Sonne selbst unbeschadet ihrer Wärmeausstrahlung sich als bewohnbar vorzustellen. Der Mensch, oder überhaupt ein lebendes Wesen, welches imstande war, die alles regierende Gottheit zu erkennen und damit das höchste Ziel der ganzen Natur zu erreichen, war nun einmal die Krone der Schöpfung, ein unbewohnbarer Himmelskörper also überhaupt zwecklos. Heute sind solche Gründe für die grofse Mehrzahl der Forscher nicht mehr mafsgebend. Man bewundert nicht mehr die zweckmäfsigen Einrichtungen in der Natur, sondern man erkennt in dem scheinbar Zweckmäfsigen nur noch das Übriggebliebene aus der unendlich grofsen Zahl der möglichen Formen, welches den gegebenen Naturbedingungen am besten entsprach oder sich ihnen allmählich anpassen konnte.

Eine weitere, zum gleichen Ziele führende Anschauung war auch die, dafs die strahlende Hülle der Sonne überhaupt keine besonders hohe Temperatur besäfse, dafs sie nur leuchte, und dafs die von ihr ausgehenden Lichtstrahlen erst beim Auftreffen auf einen Körper in demselben Wärme erweckten.

Es sind zwei grofse, umwälzende Entdeckungen zur Mitte dieses

Jahrhunderts, welche allen derartigen Anschauungen mit einem Schlage ein Ende bereiteten: das Gesetz von der Erhaltung der Kraft und damit im Zusammenhange stehend die mechanische Wärmetheorie, und die Spektralanalyse. Es würde zu weit führen, dies hier genauer auseinanderzusetzen; wir wollen nur das Endresultat in Bezug auf die Konstitution unserer Sonne kurz angeben, so wie es von der grofsen Mehrheit der Fachgelehrten angenommen wird, auf die Gefahr hin, dafs dieses Verfahren von den der Minderzahl angehörenden nicht gebilligt wird.

Wir haben uns die Sonne als einen ungeheuren glühenden Gasball vorzustellen, dessen Temperatur von innen nach aufsen abnimmt. In einer gewissen Schicht dieses Gasballes hat sich aus analogen Ursachen wie in unserer Atmosphäre ein Teil eines oder mehrerer glühenden Gase zu wolkenartigen Gebilden kondensiert, und diese Schicht ist die Photosphäre, sie ist die Ausgangsschicht für die Licht- und Wärmestrahlung der Sonne und bildet gleichzeitig die sichtbare scharfe Begrenzung des Sonnenballs. Aus dieser Anschauung über die Konstitution der Sonne geht unmittelbar hervor, dafs man von einer Sonnentemperatur kurzweg gar nicht sprechen kann, sondern dieselbe zunächst auf der Sonne örtlich festlegen mufs. Will man nun aus der Strahlung der Sonne eine Temperatur ableiten, so mufs sich dieselbe naturgemäfs auf den Ausgangspunkt der Strahlung, d. i. die Photosphäre, beziehen. Unsere Aufgabe beschränkt sich daher zunächst auf die Temperaturbestimmung der Photosphäre. Damit stofsen wir aber nur auf neue Schwierigkeiten; denn wir müssen wohl bedenken, dafs es bei der Betrachtung von Strahlungen durchaus nicht gleichgültig ist, von welcher Beschaffenheit der strahlende Körper ist. Wir haben dies in einem früheren Aufsatze in dieser Zeitschrift (Band IX, Heft 6) bei der Erklärung der Emission genauer auseinandergesetzt und können es deshalb als bekannt voraussetzen. Es sei nur an das Beispiel von den in der gleichen Flamme glühenden Stückchen Glas und Metall erinnert, die also gleiche Temperatur besitzen, obgleich das Glasstückchen im Verhältnis zum Metalle nur schwach leuchtet und nur wenig Wärme ausstrahlt. Sein Emissionsvermögen ist eben aufserordentlich viel geringer als dasjenige eines Metalls. Da man nun das Emissionsvermögen der in der Photosphäre glühenden Partikel nicht kennt, so ist man gezwungen, Annahmen über dasselbe zu machen, falls man aus der Intensität der Strahlung die Temperatur der Photosphäre bestimmen will. Hierbei ist die einfachste Annahme, das Emissionsvermögen gleich 1 zu setzen, d. h.

gleich demjenigen eines absolut schwarzen Körpers. Man weifs dann, dafs man unter dieser Annahme das Minimum der Sonnentemperatur erhält; ist das Emissionsvermögen kleiner, so mufs die Temperatur höher sein. Es möge also im folgenden unter der Sonnentemperatur verstanden werden diejenige Temperatur der Photosphäre, welche sie haben würde, wenn ihr Emissionsvermögen gleich 1 wäre. Dabei sind aber noch nicht alle Schwierigkeiten in der Definition dieses Begriffs gehoben.

Nach unseren Eingangs gegebenen Voraussetzungen besteht die Photosphäre nicht aus einem festen Körper, sondern sie ist eine Schicht glühenden Gases, in welchem kondensierte feste Partikel suspendiert sind. Diese Schicht kann wohl kaum eine gleichmäfsige Temperatur besitzen; die letztere wird vielmehr von aufsen nach innen zunehmen. Nach aufsen gelangen aber auch Strahlungen der Partikel der tieferen Schichten, welche beim Durchgange durch die oberen eine gewisse Absorption erfahren. Von einer bestimmten Temperatur der Photosphäre kann also gar keine Rede sein, sondern nur von einer mittleren, welche definierbar ist als die Summe aller Strahlungseffekte aus allen Teilen der photosphärischen Schicht. Bei einer solchen Konstitution tritt nun eine Änderung des Emissionsvermögens ein, und zwar wird dasselbe stets kleiner sein als das Emissionsvermögen der einzelnen Partikel selbst. Nehmen wir an, die ausstrahlenden Partikel der Photosphäre besäfsen thatsächlich das Emissionsvermögen 1, so hängt dasjenige der ganzen Schicht von zwei Faktoren ab, nämlich von der Anzahl der Partikel in einem gegebenen Oberflächenstücke und von dem Absorptionsvermögen der oberen Schichten. Je gröfser die Zahl der suspendierten Partikel ist, um so gröfser wird das Emissionsvermögen; es würde aber bei zunehmender Zahl der Partikel den Wert 1 nur erreichen können, wenn das Absorptionsvermögen der oberen Schichten verschwindend klein wäre.

Es ist nicht leicht zu übersehen, bis zu welchem Betrage diese Faktoren in Wirklichkeit mafsgebend sind; jedenfalls aber resultiert, dafs unsere obige Annahme des Emissionsvermögens = 1 für die Photosphäre nicht strenge richtig ist, sondern dafs dasselbe zweifellos etwas kleiner sein wird.

Es läfst sich mithin aus den Strahlungsbeobachtungen der Sonne nur die Aufgabe lösen: Die Temperatur eines absolut schwarzen Körpers von demselben scheinbaren Durchmesser wie die Sonne und gleichem Strahlungseffekte zu bestimmen.

Wir sind also jetzt darüber orientiert, was wir im weiteren

unter der Temperatur der Sonne kurzweg zu verstehen haben. Sind nun schon nicht unbeträchtliche Schwierigkeiten vorhanden gewesen, die Aufgabe der Bestimmung der Sonnen-Temperatur überhaupt zu formulieren, so wachsen dieselben bei der Lösung der Aufgabe noch ganz ungemein.

Es möge zunächst vorausgesetzt werden, dafs wir die Intensität der Sonnenstrahlung mit Hilfe geeigneter Apparate genau bestimmt hätten, dann müssen wir bedenken, dafs diese Ermittelung auf dem Grunde unseres Luftmeeres angestellt worden ist, dafs die Sonnenstrahlen zuerst einen weiten Weg durch unsere Atmosphäre zurücklegen mufsten und auf diesem Wege durch Absorption einen Teil ihrer Kraft eingebüfst haben. Dafs dieser Verlust nicht unbedeutend ist, weifs jeder aus Erfahrung: die auf- oder untergehende Sonne am Horizonte vermag kaum eine merkliche Wärmewirkung zu erzeugen, weil in diesem Falle der Weg der Strahlen durch die Atmosphäre so lang ist, dafs fast alles absorbiert wird.

Wir haben daher zunächst die folgende Aufgabe zu lösen: Den Betrag zu bestimmen, um welchen bei einer beliebigen Höhe der Sonne über dem Horizonte die Strahlung der Sonne geschwächt wird.

Mit dem theoretischen Teile der Lösung dieser Frage können wir uns an dieser Stelle nicht ausführlich beschäftigen; dieselbe hängt enge mit der Theorie der Lichtbrechung oder Refraktion in unserer Atmosphäre zusammen, und ihr Verständnis setzt derartige mathematische Kenntnisse voraus, wie sie vom Leser im allgemeinen nicht verlangt werden können. Ein solches Verständnis ist aber auch gar nicht nötig, da man der Extinktionstheorie auch in der Praxis eigentlich gänzlich entbehren kann. Es ist nichts weiter notwendig, als den gedachten Apparat, mit welchem die Sonnenstrahlung gemessen wird, bei allen möglichen Höhen der Sonne, vom Horizonte bis zur möglichsten Nähe an den Zenith, auf die letztere zu richten und die Strahlung zu bestimmen. Die hierdurch gewonnenen Zahlen für den Strahlungsverlust kann man dann auf einem in kleine Quadrate geteilten Papiere als Punkte eintragen und letztere durch eine Kurve verbinden. Will man für eine spätere Beobachtung bei einem bestimmten Stande der Sonne den Strahlungsverlust wissen, so braucht man nur für die betreffende Höhe den Punkt der Kurve aufzusuchen, um aus demselben unmittelbar den gesuchten Verlust zu entnehmen. Ein solches „graphisches“ Verfahren leistet genau dasselbe wie die Theorie mit Hilfe der Beobachtungen. Die an und für sich ziemlich einfache Aufgabe wird indessen sehr kompliziert wegen des wechselnden Ab-

sorptionsvermögens unserer Luft. Zunächst variiert die Dichtigkeit derselben entsprechend dem Barometerstand. Da aber die Absorption abhängig ist von der Anzahl der absorbierend wirkenden Teilchen, welche das Licht auf seinem Wege durch die Luft trifft, so kann man die Absorption proportional dem Barometerstande setzen, was eine sehr einfache Reduktion ergiebt. In der gleichen Weise ist auch zu verfahren, wenn der Luftdruck infolge gröfserer Erhebung des Beobachters über der Erdoberfläche abnimmt. Viel gefährlicher ist die Abhängigkeit der Absorption vom Wasserdampfgehalte unserer Atmosphäre. Derselbe ist sehr starkem und oft ganz plötzlichem Wechsel unterworfen; dabei läfst er sich nur sehr schwer in Rechnung ziehen, weil man ihn nur an der Erdoberfläche bestimmen, nicht aber für die oberen Luftschichten, welche die Sonnenstrahlung passieren mufs, ermitteln kann. Noch gefährlicher sind leichte Nebelbildungen in höheren Schichten, die sich nur durch ein weifslicheres Aussehen des blauen Himmels zu erkennen geben, im übrigen aber zahlenmäfsig nicht berücksichtigt werden können. Die wirkliche Absorption der Sonnenstrahlung wird daher im allgemeinen für jeden Tag, manchmal für jede Stunde eine andere sein, und da man nur einen mittleren Betrag derselben in Rechnung bringen kann, so treten erhebliche Verfälschungen der einzelnen Bestimmungen über Sonnenstrahlung auf, die schliefslich nur durch eine grofse Zahl von Beobachtungen einigermafsen unschädlich zu machen sind.

Man wird sagen können, dafs es heute gelingt, den Einflufs der Luftabsorption auf etwa 10 % zu ermitteln, so dafs die danach korrigierte Strahlung, welche also der wahren Sonnenstrahlung ohne das Zwischentreten unserer Atmosphäre entspricht, bis auf denselben Betrag genau bestimmt werden kann, soweit nur diese Unsicherheit allein in Frage tritt.

Wir sind also jetzt soweit gelangt, die Sonnenstrahlung gleichsam aufserhalb unserer Atmosphäre auffangen zu können, und kommen nun zur Beschreibung eines der wichtigsten Punkte des ganzen Problems, der Messung der Sonnenstrahlung selbst. Bei flüchtiger Überlegung erscheint diese Aufgabe nicht allzu schwierig; denn jeder weifs, dafs ein Thermometer in der Sonne viel höher zeigt als im Schatten. Man braucht also nur ein Thermometer, welches im Schatten gehangen hat, abzulesen und alsdann der Sonnenbestrahlung auszusetzen; es wird sofort steigen und nach einiger Zeit mit einem z. B. um 12° bis 14° höheren Stande wieder zur Ruhe kommen. Die Sonnenbestrahlung hat also den Stand des Thermometers um so und soviel Grad erhöht,

und das mufs doch einen Anhalt zur Bestimmung der Sonnenstrahlung gewähren. Das thut es auch wirklich; aber doch nur in so roher Weise, dafs das Endresultat um das doppelte oder noch mehr falsch sein kann.

Es ist ein unumstöfslicher physikalischer Satz, dafs jeder Körper nach allen Richtungen hin, also auf jeden in seiner Umgebung befindlichen Körper Wärme ausstrahlt, und zwar ist die Menge dieser Wärme allein abhängig von seiner eigenen Temperatur, aber nicht von derjenigen der umgebenden Körper. Je höher die Temperatur des Körpers ist, um so stärker ist seine Wärmeausstrahlung. Dasselbe Gesetz gilt natürlich auch für jeden der umgebenden Körper, und daraus folgt, dafs überhaupt jeder Körper, der eine höhere Temperatur hat als die ihn umgebende, an Wärme verliert, während die anderen nach Mafsgabe ihrer Temperatur an Wärme gewinnen. Das Endresultat ist dies, dafs die Wärmestrahlung bestrebt ist, einen Temperaturausgleich zwischen allen in Frage tretenden Körpern herzustellen. Es ist dies also auch, beiläufig bemerkt, das Endziel, dem das ganze Weltall zustrebt: die Erreichung eines Zustandes, in dem alle Körper oder Teile eines Körpers, sei er grofs oder klein, die gleiche Temperatur besitzen. Wir sehen in dieser Beziehung einer traurigen Zukunft entgegen, weil damit überhaupt die Quelle jeglicher Formen- oder Bewegungsänderung nicht blofs der lebenden, sondern auch der toten Materie aufhört. Tröstlich hierbei zu wirken vermag blofs der Gedanke, dafs dieser Zustand erst in unendlich langer Zeit erreicht werden kann.

Setzen wir nun ein Thermometer der Sonnenbestrahlung aus und finden, dafs es nach einiger Zeit bei einem gewissen höheren Stande als im Schatten in Ruhe kommt, so besagt dies, dafs von diesem Momente ab die Ausstrahlung des Thermometers gleich ist der Bestrahlung, die es von allen umgebenden Körpern erhält, also nicht blofs von der Sonne, sondern auch vom Erdboden, von etwa vorhandenen Wolken, von Gebäuden u. s. w. Die geringste Ortsveränderung des Thermometers ändert die Entfernung von einigen der bestrahlenden Körper und damit auch seinen Stand, ja selbst der Schirm, der zur Beschattung verwendet wird, um den Unterschied zwischen Strahlung und Beschattung festzustellen, wirkt durch seine Strahlung modifizierend auf das Resultat ein.

Da die Beobachtungen unter freiem Himmel angestellt werden müssen, weil ein Einschalten von Glas in die Strahlung die letztere sehr stark modifiziert, so bilden Luftströmungen, selbst der leiseste

Hauch, eine sehr störende Fehlerquelle, indem die bewegte Luft, die im allgemeinen eine andere Temperatur besitzt als das Thermometer, bei der Berührung mit letzterem Wärme zuführt oder fortnimmt.

Zu diesen äufseren Fehlerquellen kommen nun noch eine ganze Reihe innerer hinzu, die durch die Konstruktion des Apparates bedingt sind und sich mit derselben ändern. Es ist daher nicht zu verwundern, wenn das Problem der Strahlungsmessung der Sonne noch von einer befriedigenden Lösung weit entfernt ist, befriedigend für den Gelehrten, der bei seinen Untersuchungen gerne ein möglichst hohes Mafs von Genauigkeit erreichen möchte. Verfolgt man mit der Messung der Sonnenstrahlung nur den Zweck, sich über den Betrag derselben einigermafsen zu orientieren, etwa in der Art, dafs man sich mit einer Genauigkeit von etwa 20 % begnügt, wie wir dies nun im folgenden thun wollen, dann kann man allerdings die Aufgabe als gelöst betrachten, und wir können uns dann mit den erforderlichen Apparaten etwas genauer bekannt machen; denn dafs nun wirklich ein einfaches Thermometer nicht für den Zweck genügt, dürfte wohl klar sein. Man fafst die zur Messung der Sonnenstrahlung bestimmten Instrumente unter dem Namen der Aktinometer zusammen, wobei jedoch auch einzelne dieser Instrumente als Pyrheliometer bezeichnet werden. Man unterscheidet diese Instrumente am besten nach zwei Richtungen hin, je nachdem sie zu absoluten oder zu relativen Messungen der Strahlungsenergie bestimmt sind.

Zu der letzteren Art würde das einfache, bald belichtete, bald beschattete Thermometer zu zählen sein, ferner thermoelektrische Apparate, die Bolometer u. s. w., deren Funktionieren ohne weiteres verständlich ist, da sie nur Temperaturunterschiede ergeben. Die Instrumente der ersteren Art sind für unsere Betrachtungen die wichtigsten. Sie sollen nicht anzeigen, um wieviel höher die Temperatur eines Körpers durch die Sonnenbestrahlung wird, sondern wieviel Wärme dieselbe dem Apparate zuführt; es soll also die Energie der Sonnenstrahlung gemessen werden. Während nun der Temperaturgrad das Mafs für die **Intensität** der Wärme ist, hat man für ihre Kraftleistung selbst oder für ihre Energie eine viel kompliziertere Einheit einführen müssen: die Calorie. Unter einer Calorie versteht man diejenige Wärmemenge, welche einem Gramm Wasser von 0° Temperatur zugeführt werden mufs, um es auf 1° zu erhöhen. So können z. B. 10 Calorien auf unendlich viel verschiedene Weisen verbraucht werden, z. B. wenn man 1 g Wasser auf 10° erhitzt oder 10 g Wasser auf 1°, oder 5 g Wasser auf 2° u. s. w. Hierbei ist das Wasser als

mafsgebend gewählt, da alle Stoffe sich der Wärmeaufnahme gegenüber verschieden verhalten. Man braucht viel weniger Wärme dazu, um 1 g Eisen auf 1^0 zu erhitzen als 1 g Wasser, und man nennt die Verhältniszahl, welche ausdrückt, wieviel Wärme man weniger oder mehr gebraucht als beim Wasser, die spezifische Wärme des betreffenden Körpers. So ist z. B. die spezifische Wärme des Eisens gleich 0.11, d. h. um 1 g Eisen auf 1^0 zu erhitzen, braucht man nur 0.11 Calorien.

Will man nun die Wärme, welche die Sonnenstrahlung uns zuführt, angeben, so genügt dazu die Calorie allein nicht, da ja die Wärme immer mehr zunimmt, je länger die Strahlung wirkt, und je gröfser die Fläche ist, auf welche sie strahlt.

Man drückt daher die Strahlungsenergie der Sonne aus in Calorien, bezogen auf 1 qcm Fläche und eine Dauer der Bestrahlung von einer Minute. Jegliches Aktinometer mufs also als wesentlichsten Bestandteil eine Fläche enthalten, die der Bestrahlung ausgesetzt wird, und deren Gröfse und spezifische Wärme genau bekannt ist. Sehr wichtig ist dabei, dafs eine solche Fläche auch möglichst alle Sonnenstrahlung verschluckt, d. h. dafs sie rauh und schwarz ist; ein polierter Silberspiegel erwärmt sich kaum merklich in der Sonnenstrahlung.

Der erste, der sich mit dem vorliegenden Problem beschäftigt hat, ist Pouillet, der im Jahre 1838 seine Versuche anstellte. Das dazu benutzte Pyrheliometer besafs die folgende Einrichtung:

Die Vorderwand eines flachen cylindrischen Gefäfses aus Silberblech war berufst und wurde senkrecht zu den Sonnenstrahlen gestellt. Dieses Gefäfs war mit Wasser, etwa 100 g, gefüllt, dessen Erwärmung mittelst eines in das Gefäfs hineinragenden Thermometers gemessen wurde. Während der Beobachtung wurde das Gefäfs fortwährend um seine Axe gedreht, damit alle Teile des Wassers die gleiche Temperatur annehmen sollten. Viele spätere Beobachter haben die Pouilletsche Anordnung im wesentlichen beibehalten und nur kleinere Modifikationen angebracht; so hat z. B. Crova statt des Wassers Quecksilber genommen.

Eine völlig abweichende Einrichtung zeigt das Aktinometer von Violle. Die zu bestrahlende Fläche desselben ist nur klein und befindet sich geschützt gegen Wind und gegen die Strahlung der Umgebung in einer fast ganz geschlossenen Hülle von konstanter Temperatur. Als Fläche dient die berufste Kugel eines Thermometers, die sich im Centrum einer gröfseren doppelwandigen Kugel befindet, die durch fliefsendes Wasser auf konstanter Temperatur gehalten wird.

Die Bestrahlung der Thermometerkugel wird ermöglicht durch eine nach aufsen weit vorstehende Röhre, die ein Diaphragma von der Gröfse der Thermometerkugel hat und gegen die Sonne gerichtet wird.

Als dritten Grundtypus eines Aktinometers ist dasjenige von Ångström zu betrachten. Dasselbe besteht im wesentlichen aus zwei gleichen, auf der Vorderseite geschwärzten Kupferscheiben, welche der Sonnenbestrahlung zugewendet werden. In der Mitte der Rückflächen dieser Scheiben ist je ein Thermoelement fest eingeschraubt, welches mit einem Galvanometer verbunden, die Temperatur der betreffenden Scheibe genau angiebt. Die beiden Scheiben werden nun abwechselnd der Bestrahlung ausgesetzt, und ihre Temperaturdifferenzen gemessen. Ein wesentlicher Vorzug dieses im Jahre 1887 konstruierten Apparates vor den übrigen beruht auf seiner symmetrischen Anordnung, durch welche eine Reihe von äufseren Fehlerquellen ausgeschlossen werden.

Es möge noch erwähnt werden, dafs es bei allen diesen Apparaten nicht notwendig ist, die Bestrahlung so lange wirken zu lassen, bis keine Erhöhung der Temperatur mehr eintritt, man kann auch in kürzeren Intervallen mit Bestrahlung und Beschattung abwechseln und daraus die gesuchte Gröfse nach besonderen Formeln ableiten.

Es sind noch eine ganze Reihe von Aktinometern verwendet worden, deren wesentliche Einrichtung aber immer auf die drei kurz beschriebenen Typen zurückgeführt werden kann und deshalb nicht näher ausgeführt zu werden braucht. Dagegen sind von besonderem Interesse die Zahlen, welche für die Strahlungsenergie der Sonne ermittelt worden sind; ordnet man sie in chronologischer Reihenfolge, so zeigt sich ein Ansteigen dieser Werte, entsprechend der Vervollkommnung der Apparate und Beobachtungsmethoden.

Beobachter.	Jahr.	Kalorien.
Pouillet . . .	1838	1.76
Forbes . . .	1842	1.82
Hagen	1860	1.9
Violle	1875	2.54
Crova	1878	2.3
Langley . . .	1884	3.07
Savelief .	1880—1890	3.47
Pernter .	1880—1890	3.28
Angström . .	1894	4.0

Nach dieser Zusammenstellung scheint es keine Frage mehr zu sein, dafs der wahre Wert der Energie der Sonnenstrahlung, die so-

genannte Solarkonstante, zwischen 3.5 und 4.0 Kalorien liegt, und dafs man dafür den Wert 3.75 als den wahrscheinlichsten wird ansetzen können, der also etwa doppelt so grofs ist, als die ersten Bestimmungen ergeben hatten.

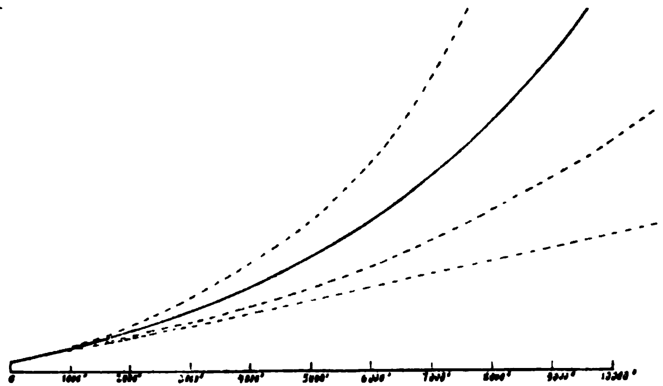
Wir wollen zum Schlusse unseres Aufsatzes mit Hilfe dieser Solarkonstanten einige interessante Rechnungen ausführen, zunächst aber wieder unsere Hauptaufgabe, die Ermittelung der Sonnentemperatur, in Angriff nehmen.

Wenn die Bestimmungen der Sonnenstrahlung schliefslich auch um das doppelte ihres Betrages schwanken, so ist das doch noch nicht so viel, dafs man nicht eine ähnliche Übereinstimmung in den daraus abgeleiteten Sonnentemperaturen erwarten sollte. Das ist aber keineswegs der Fall; vielmehr weichen die ermittelten Sonnentemperaturen um so enorme Beträge von einander ab, dafs man infolge dessen lange Zeit mit einer gewissen Verachtung auf diese Resultate geblickt hat. Um nur ein Beispiel anzuführen, sei erwähnt, dafs Pouillet die Sonnentemperatur zu rund 1500° ermittelte, während Secchi anfangs der 70er Jahre mit einem ähnlichen Apparate wie dem Pouilletschen 10 Millionen Grad fand.

Woher sind nun derartige, geradezu unsinnige Unterschiede gekommen? Die Beantwortung dieser Frage führt uns unmittelbar zu dem schwierigsten, aber auch interessantesten Teile unserer Aufgabe. Es soll aus der verhältnismäfsig geringen Temperaturdifferenz zwischen Beschattung und Bestrahlung auf eine jedenfalls sehr hohe Temperatur geschlossen werden, und hierbei vergröfsert sich naturgemäfs ein Fehler in der Bestimmung der Temperaturdifferenz ganz enorm. Beginge man z. B. bei der Bestimmung einer Temperaturdifferenz von 10° einen Fehler von 1°, so würde derselbe, falls man unmittelbar auf eine Temperatur von 10000° schliefsen wollte, bereits auf 1000° anwachsen. Das könnte aber die eben angeführten enormen Unterschiede noch lange nicht erklären; hierfür ist eine andere, viel gefährlichere Unvollkommenheit mafsgebend, die auf der Unkenntnis des Strahlungsgesetzes beruht, des Gesetzes, nach welchem die Stärke der Strahlung von der Temperatur des strahlenden Körpers abhängt. Nun kann man ja solche Gesetze aus Beobachtungen im Laboratorium ableiten. Man kann z. B. ein Platinblech bis zu etwa 1000° erhitzen und bis dahin den Gang seiner Ausstrahlung untersuchen. Aber abgesehen von den grofsen praktischen Schwierigkeiten, welche sich derartigen Untersuchungen entgegenstellen, bleibt stets der schlimme Übelstand übrig, dafs die Sonnentemperatur zweifellos wesentlich

höher ist als die höchste zu Messungen im Laboratorium herstellbare Temperatur, dafs man also aus dem Verlaufe der Strahlung beispielsweise von 0° bis 1000° auf den weiteren Verlauf bis 10000° schliefsen mufs. Welchen Unsicherheiten man aber hierbei ausgesetzt ist, lehrt am besten die untenstehende Figur. Man kann bekanntlich jeden gesetzmäfsigen Gang einer Erscheinung durch eine Kurve darstellen, und so möge in der Figur die ausgezogene Kurve das wahre Strahlungsgesetz von 0° bis 10000° darstellen.

Das etwas dicker gezeichnete Stück der Kurve ist wirklich durch Beobachtung von 0° bis 1000° festgelegt. Für die übrigen $^{9}/_{10}$ der



Kurve wissen wir den Verlauf nicht, sondern können denselben nur nach dem Mafse der Krümmung des ersten Zehntels taxieren. Man sieht, dafs die übrigen gestrichelten Kurven dieser Bedingung alle genügen, und welche enorme Unsicherheit damit über den weiteren Verlauf der Kurve bestehen bleibt. Eine derartige Unsicherheit bestand thatsächlich noch zur Zeit Secchis, und am schlagendsten ist das Resultat, dafs, wenn man die von Secchi erhaltenen Beobachtungswerte mit demselben Gesetze auf die Sonne anwendet, wie Pouillet das gethan hat, man den fast genau übereinstimmenden Wert der Sonnentemperatur von 1400° erhält, also aus denselben Zahlen, aus denen Secchi nach einem anderen Gesetze seine 10 Millionen Grad abgeleitet hatte.

Über die Abhängigkeit der Strahlung von der Temperatur des strahlenden Körpers hat zuerst der berühmte Newton Versuche angestellt; er kam zu dem Schlusse, dafs die Geschwindigkeit der Er-

kaltung eines strahlenden Körpers direkt proportional dem Temperaturunterschiede desselben gegen die umgebenden Körper gesetzt werden könne. Vorausgesetzt ist dabei für die Gültigkeit dieses Gesetzes, dafs der strahlende Körper stets die gleiche Temperatur im Innern und an der Oberfläche habe, dafs also das Wärmeleitungsvermögen des Körpers unendlich grofs ist. Dieser idealen Bedingung nähert sich ein Körper im allgemeinen um so mehr, je langsamer sich die Oberfläche abkühlt, d. h. je kleiner der Temperaturunterschied ist. Diese Bedingung ist also auf der Sonne keinesfalls erfüllt, wenngleich nicht verkannt werden kann, dafs bei einem an der Oberfläche gasförmigen Körper, wie die Sonne, durch Strömungen der Gase doch eine gewisse Annäherung an die Bedingung vorhanden sein kann.

Es ist nun schon früher darauf hingewiesen worden, dafs das Newtonsche Abkühlungsgesetz nur als eine ganz rohe Annäherung betrachtet werden kann, die, für geringe Temperaturunterschiede anwendbar, bei starken Unterschieden völlig illusorisch wird. Es sind daher bis in die neuere Zeit hinein die verschiedensten Versuche zur Ermittelung eines für die höchsten Temperaturen noch gültigen Gesetzes gemacht worden, von denen die wichtigsten im folgenden besprochen werden sollen.

Es sind zunächst die französischen Physiker Dulong und Petit, welche die Newtonschen Untersuchungen fortgesetzt haben. Sie fanden als innerhalb des von ihnen benutzten Temperaturintervalles von 280° gültiges Gesetz, dafs die von einem Körper ausgestrahlte Wärmemenge in einer geometrischen Progression abnimmt, wenn seine Temperatur gleichförmig abnimmt. Für die Anwendbarkeit dieses rein empirischen Gesetzes auf gröfsere Temperaturintervalle sind theoretische Begründungen nicht vorzubringen; es unterliegt heute keinem Zweifel, dafs die mit diesem Gesetze extrapolierten Werte der Sonnentemperatur zu klein ausfallen, wenn auch nicht in demselben Mafse, wie die nach dem Newtonschen Gesetz abgeleiteten zu grofs werden. Es sei hier eingeschaltet, dafs Pouillet nach dem Dulong-Petitschen Gesetze gerechnet hat, während Secchi das Newtonsche benutzte.

Ein weiteres, zwischen Temperaturen von 0° bis 300° anwendbares Gesetz wurde von Rosetti abgeleitet, seine Form läfst sich indessen nur durch einen mathematischen Ausdruck, nicht aber in Worten klarlegen.

Erst in den letzten Jahrzehnten sind wesentliche Fortschritte in der Ermittelung des Strahlungsgesetzes geschehen. Zunächst hat der

Schweizer Weber einen allerdings etwas komplizierten mathematischen Ausdruck gefunden, der alle bisherigen experimentellen Versuche bis zu 1000° etwa recht genau darstellt, aber einer theoretischen Begründung auch nicht fähig ist. Schliefslich hat der österreichische Physiker Stefan ein überaus einfaches Gesetz erhalten, welches nach ganz neuen Prüfungen von den Berliner Physikern Lummer und Pringsheim mit einer sehr geringen Modifikation bis zu Temperaturen von 1300° seine volle Gültigkeit behält. Das Stefansche Gesetz besagt einfach: Die von einem Körper ausgestrahlte Wärmemenge ist der vierten Potenz seiner absoluten Temperatur proportional — nach Lummer und Pringsheim der 3.96sten Potenz. Aufser dem Vorzuge der Einfachheit kommt diesem Gesetze auch noch der Umstand zu gute, dafs Boltzmann dasselbe theoretisch aus der elektromagnetischen Lichttheorie und der mechanischen Wärmetheorie begründen konnte.

Als besonders wichtig ist hervorzuheben, dafs die letztgenannten Gesetze von Weber und Stefan auch bei den höchsten bisher untersuchten Temperaturen von einander nur wenig abweichende Werte geben, dafs also doch nunmehr eine grofse Wahrscheinlichkeit vorliegt, bei ihrer Anwendung auf die Sonne, also bei der Extrapolation der Kurve einigermafsen exakte Werte zu erhalten.

Man darf aus der Übereinstimmung bei den Laboratoriumsversuchen schliefsen, dafs die resultierenden Sonnentemperaturen wohl nicht mehr um die Hälfte ihres Betrages unrichtig sind, und das ist eigentlich, in Anbetracht der Schwierigkeit der Aufgabe, eine sehr befriedigende Lösung. Es läfst sich dann mit der Verwendung eines dieser Gesetze auch Ordnung in das bisherige Chaos der Sonnentemperaturen bringen, wie die folgende Zusammenstellung — mit dem Stefanschen Gesetze gerechnet — zeigt:

Beobachter.	Sonnen-temperatur.
Pouillet	5600°
Secchi	5400°
Violle	6200°
Soret	5500°
Langley	6000°
Wilson u. Gray . .	6200°
Paschen	5000°
Rosetti	10000° (eigenes Gesetz).

Es liegt hiernach zweifellos die Berechtigung vor, die Temperatur

der Sonne höher als 5000 ⁰ und niedriger als 10000 ⁰ anzunehmen; der Wert T = 6250 ⁰ entspricht dem Mittel der obigen Bestimmungen.

Der Leser wird wohl befriedigt aufatmen, in der Hoffnung, nunmehr von den schwierigen Erörterungen über die Bestimmung der Sonnentemperatur erlöst zu sein; diese Hoffnung ist aber leider noch verfrüht, denn das eben erhaltene T stellt keineswegs den Wert für die Temperatur der Photosphäre dar, wie wir ihn anfangs definiert haben, sondern nur diejenige Temperatur, welche die Photosphäre haben würde, wenn ihre Strahlung ungehindert bis zu unserer Erde gelangen könnte. Das ist aber nicht der Fall. Auch die Sonne besitzt eine Atmosphäre, die ähnlich derjenigen unserer Erde einen Teil der Sonnenstrahlung absorbiert; die wirkliche Temperatur ist also höher. Dafs eine solche absorbierende Atmosphäre vorhanden ist, lehrt die blofse Besichtigung der Sonne durch ein Fernrohr. Ihre Scheibe erscheint nicht gleichmäfsig hell, wie es bei einer einfachen glühenden Kugel der Fall sein müfste, sondern sie ist am Rande wesentlich dunkler, weil hier die Strahlen einen gröfseren Weg durch die Sonnenatmosphäre zu durchlaufen haben als in der Mitte der Scheibe. Da man leicht die relativen Weglängen des Lichtes durch die Sonnenatmosphäre an den verschiedenen Stellen der Sonnenscheibe berechnen kann, so liefern dieselben mit der unmittelbar zu beobachtenden Zunahme der Absorption nach dem Rande hin das Gesetz der letzteren, und hieraus ist es dann möglich, die Gesamtabsorption der Wärmestrahlen durch die Sonnenatmosphäre zu berechnen. Die Beobachtungen haben nun ergeben, dafs ähnlich wie bei unserer Atmosphäre auch auf der Sonne die Strahlen verschiedener Art sehr verschieden stark absorbiert werden, und zwar um so mehr, je mehr die Strahlen in der Spektralreihe nach dem Violett zu liegen. Die Wärmestrahlen, die ganz am anderen Ende des Spektrums liegen, werden also am wenigsten absorbiert, aber doch immerhin noch recht bedeutend, da nach den sorgfältigsten Beobachtungen von H. C. Vogel und den ganz neuerdings von Frost angestellten der Transmissionskoeffizient zwischen 0.72 und 0.79 gelegen ist. Hiernach mufs man die gefundene Strahlung mit 1.5 multiplizieren, um die wahre Strahlung der Photosphäre zu finden, die sich mithin zu 5.6 Calorien ergiebt. Wie man aber hiernach die wahre Sonnentemperatur berechnen soll, bleibt sehr unbestimmt, da das Stefansche Gesetz hier nicht ohne weiteres anwendbar ist; man wird schliefslich etwa annehmen können T = 7000⁰ bis 10000⁰.

Zum Vergleiche mit irdisch herstellbaren Temperaturen sei dar-

auf aufmerksam gemacht, dafs die Temperatur des elektrischen Bogenlichtes etwa 3000° bis 3500° beträgt, diejenige eines stark gespannten elektrischen Funkens dagegen sehr viel höher ist und bis zu 20000° und darüber betragen soll.

Es ist ein oberster Grundsatz aller exakten Forschung, dafs man sich nicht damit begnügt, ein wichtiges Resultat auf möglichst direktem Wege zu erlangen, sondern dafs man sich eifrig bemüht, auf anderen Wegen, unter Umständen auf sehr komplizierten, oder nach indirekten Methoden dasselbe Ziel zu erreichen. Erst wenn dies gelungen ist, wenn gerade mit Hilfe ganz auseinandergehender Gedankenfolgen sich übereinstimmende Resultate ergeben, hält man letztere für sicher bewiesen. Häufig liegt es hierbei allerdings in der Natur des Problems begründet, dafs die zu Hilfe gezogenen Methoden nicht zu ganz bestimmten Zahlenwerten führen; man mufs sich dann damit begnügen ein Resultat zu erhalten, welches nur eine obere oder untere Grenze angiebt oder die wahre Zahl zwischen zwei Grenzen einschliefst. So steht es auch bei unserer Aufgabe; wir können auf anderen Wegen nur ungefähre Bestätigungen der nach der direkten Methode ermittelten Sonnentemperatur erhalten.

Wir wollen uns nun zu diesen, kurz als indirekte zu bezeichnenden Methoden wenden und hierbei zunächst eine besprechen, welche noch die meiste Ähnlichkeit mit der direkten Methode besitzt, insofern auch bei ihr die Sonnenstrahlung unmittelbar zur Verwendung gelangt.

Es ist eine jedermann bekannte Thatsache, dafs das von einem Brennglase oder Brennspiegel erzeugte kleine Sonnenbildchen eine sehr hohe Temperatur besitzt, kann man doch selbst mit einer beliebig kleinen Lupe Holz und Papier fast augenblicklich zur Entzündung bringen. Vor einigen Jahren hat nun Ceraski in Moskau mit einem möglichst vollkommen hergestellten Brennspiegel von 1 m Durchmesser sehr interessante Versuche angestellt. Es gelang ihm, im Brennpunkte dieses Spiegels sämtliche ihm zugängliche Materialien zu schmelzen, resp. zu verbrennen und zu verdampfen, und seine Schätzung, dafs die Brennpunktstemperatur 3500° betragen habe, scheint durchaus nicht übertrieben. Hieraus folgt unmittelbar, dafs die Sonnentemperatur höher sein mufs als 3500°; denn es existiert ein theoretisch fest begründetes Gesetz der mechanischen Wärmetheorie, dafs niemals Wärme von einem kälteren Körper auf einen

wärmeren übergehen kann, sondern stets nur der umgekehrte Verlauf stattfindet. Folglich kann auch keine noch so starke Verdichtung der Sonnenstrahlung durch ein Brennglas in dessen Brennpunkte eine höhere Temperatur als die der Sonne erzeugen, weil ja sonst die kältere Sonne dem heifseren Brennpunkt Wärme zuführte. Es geht vielmehr wegen der Unvollkommenheit des Glases oder Spiegels und wegen der Absorption der Wärmestrahlen noch Wärme verloren: die Temperatur im Brennpunkte ist also stets niedriger als an der Sonnenoberfläche. Dieser nicht so leicht übersehbare Schlufs läfst sich durch folgende Betrachtung leichter plausibel machen. Jede Verdichtung der Strahlen durch eine Linse oder einen Spiegel bringt nichts anderes zu Wege als eine Vergröfserung der scheinbaren Ausdehnung des strahlenden Objektes (der Sonne), also ein scheinbares Näherrücken desselben. Im günstigsten Falle kann daher nur ein scheinbares Berühren mit dem strahlenden Objekte stattfinden, d. h. die Temperatur kann höchstens gleich derjenigen der Sonne selbst werden.

Um nun einen Vergleich mit anderen Temperaturen zu haben, hat Ceraski mit demselben Spiegel die Temperaturzunahme im Brennpunkte gemessen, wenn er elektrisches Bogenlicht, dessen scheinbare Gröfse gleich der der Sonne war, auf den Spiegel strahlen liefs. Er fand hierfür einen Betrag von 100° bis 105°. Aus diesem enormen Unterschiede gegenüber der Wirkung der Sonnenstrahlen schlofs nun Ceraski, dafs die Temperatur der Sonne also auch enorm viel höher sei als 5000°. Dieser Schlufs ist auch richtig; denn wendet man auf die Ceraskischen Zahlen das Stefansche Gesetz an, so erhält man eine Sonnentemperatur von über 3 Millionen Grad. Diese Zahl befindet sich aber mit allen vorher besprochenen direkten Ergebnissen in so starkem Widerspruche, dafs bei dem Ceraskischen Versuche unbedingt ein wichtiger Factor übersehen sein mufs, und wahrscheinlich ist dies bei der Benutzung des elektrischen Bogenlichtes als Strahlungsquelle geschehen, wobei beträchtliche Schwierigkeiten des experimentellen Arrangements auftreten.

Der erste, der auf rein theoretischem Wege einen Versuch zur Bestimmung der Sonnentemperatur machte, war Zöllner. Er setzte dabei voraus, dafs die Protuberanzen einfache Gasausströmungen aus dem Sonneninnern seien, hervorgebracht durch starke Druckdifferenzen; dann mufste es möglich sein, unter weiterer Voraussetzung, dafs die für unsere irdischen Verhältnisse gültigen physikalischen Gesetze der Gase auch für die Sonne zuträfen, einen Wert für die Temperatur an der Sonnenoberfläche, die sich Zöllner als glühend flüssig dachte,

abzuleiten. Für diese Oberfläche fand dann Zöllner den Temperaturwert von 13230°, bemerkte aber, dafs derselbe nach innen sehr stark zunehme, so dafs er schon bei einer Tiefe von $^1/_{40}$ des Sonnenradius auf 1112000° steige.

Später schlug Zöllner noch einen anderen Weg ein, der etwas freier von Hypothesen war und der durch sehr scharfsinnige Betrachtungen zur Ermittelung der Temperatur der obersten Grenze der Photosphäre führte. Hierfür fand er den Wert 61350°. Die Zöllnerschen Betrachtungen haben heute fast nur noch historisches Interesse.

Unter der Annahme, dafs die Sonne nur als Gasball glühe, dafs die Photosphäre also nicht wesentlich durch glühende suspendierte Partikel leuchte und strahle, hat Ebert eine Berechnung der Sonnentemperatur angestellt, indem er gleichzeitig voraussetzte, dafs die Sonnenstrahlung elektromagnetischer Natur sei. Es ist nicht gut möglich, den etwas komplizierten Betrachtungen Eberts hier zu folgen; sein Endwert lautet auf eine Sonnentemperatur von 40000°, wobei aber zu berücksichtigen ist, dafs nach der Ebertschen Auffassung diese Temperatur nicht der obersten Schicht der Photosphäre zukommt, sondern einer wesentlich tiefer gelegenen Schicht, in der die Gase bereits unter sehr starkem Drucke stehen.

Frei von jeder weiteren Hypothese über die Konstitution der Sonne und allein basierend auf der Giltigkeit des Kirchhoffschen Gesetzes ist eine Bestimmung der Temperatur der Sonne und gleichzeitig derjenigen der Fixsterne, welche Verfasser vor einigen Jahren ausgeführt hat. Dieselbe beruht auf dem merkwürdigen Verhalten zweier Magnesiumlinien, die im blauen Teile des Spektrums gelegen sind. Die erste dieser Linien tritt in fast allen Spektren der I. Spektralklasse sehr stark hervor; in den Spektren der Sterne der II. Spektralklasse, zu denen unsere Sonne gehört, ist sie schwach, und in denen der III. Klasse scheint sie zu fehlen. In dem Funkenspektrum des Magnesiums ist diese Linie sehr stark, dagegen ist sie nicht im Spektrum des elektrischen Bogens und des brennenden Magnesiums zu finden. Merkwürdigerweise zeigt nun die zweite Magnesiumlinie genau das entgegengesetzte Verhalten, sowohl bei den Sternen als auch im Laboratorium. Der günstige Umstand, dafs zwei demselben Stoffe angehörige Linien ein entgegengesetztes Verhalten zeigen, beweist nun sofort, dafs die Erscheinungen, welche diese Linien auf den Sternen bieten, nur allein von der Temperatur, nicht aber von Druck oder Dichtigkeit der Gase in den Atmosphären derselben abhängen können. Man kommt also zu dem Schlusse, dafs die Temperatur der

Photosphären der Sterne der Klasse II (Sonne) wohl etwas höher als diejenige des elektrischen Bogens, aber wesentlich niedriger als die des Funkens ist. Als untere Grenze würde man hiernach etwa 5000° annehmen; die obere bleibt unsicherer, dürfte aber 10000° wohl kaum überschreiten.

Aus den vorstehenden Betrachtungen haben wir nun Kenntnisse über die Temperaturverhältnisse der Sonne gewonnen, welche geeignet sind, weitere Schlüsse anzuknüpfen, die einen interessanten Einblick in den Haushalt unseres Sonnensystems gewähren. Wir haben gefunden, dafs die Temperatur an der Oberfläche der Sonne einen nach unseren Begriffen sehr hohen Stand hat, wenngleich nicht annähernd so hoch, wie man ihn vor wenigen Dezennien noch vermutete. Wir haben dabei auch eine andere wichtige Zahl erhalten, den Energiebetrag, welchen die Sonne durch ihre Strahlung in jeder Minute auf eine Fläche von 1 qcm in der Erdentfernung sendet. Diese letztere Zahl (3.75 Kalorien) liefert nun leicht den Betrag, welchen die Sonne überhaupt aussendet, denjenigen also, welchen sie verliert. Es ist klar, dafs wir die gefundene Solarkonstante nur mit der Anzahl der Quadratcentimeter, welche eine Kugeloberfläche vom Radius der Erdbahn enthält, zu multiplizieren brauchen, um den Gesamtenergieverlust zu erhalten; um eine bequemere zeitliche Einheit zu benutzen, das Jahr, braucht dann wiederum diese Zahl nur noch mit der Anzahl der Minuten im Jahre multipliziert zu werden. Dafs es eine enorme Zahl geben mufs, ist ohne weiteres klar; sie beträgt 55 mit 31 angehängten Nullen, was kürzer geschrieben werden kann 55×10^{31}. In den meisten populären Astronomien findet man Versuche, die Wirkung einer solch kolossalen Wärmemenge dem Laien verständlich zu machen, indem z. B. die Dicke einer Eisschicht angegeben wird, welche im Jahre dadurch geschmolzen werden kann u. s. w. Wir wollen hier von derartigen Erläuterungen absehen und gleich zu weiteren Folgerungen übergehen, wobei einige vereinfachende Annahmen gemacht werden müssen. Da nämlich die genaue chemische Zusammensetzung der Sonne unbekannt ist, so müssen Voraussetzungen über das Wärmefassungsvermögen der Sonne gemacht werden, welches bekanntlich für die einzelnen Stoffe sehr verschieden ist. Man kann aus gewissen Betrachtungen schliefsen, dafs die Sonne sich in dieser Beziehung ähnlich verhält wie eine Kugel von einer der Sonnenmasse gleichen Wassermasse. Eine solche Kugel aber würde,

wie jeder leicht nachrechnen kann, 19×10^{31} Gramm Wasser enthalten. Die jährliche Temperaturabnahme würde dann sein $\frac{55 \times 10^{31}}{19 \times 10^{31}}$ oder 2.9° C.

Um diesen Betrag kühlt sich also zur Zeit die Sonne jährlich ab, und hieraus läfst sich berechnen, nach wie langer Zeit die jetzige Temperatur von etwa 7000° merklich heruntergegangen sein wird, z. B. auf die Hälfte, auf 3500°. Diese Berechnung stöfst aber auf beträchtliche Schwierigkeiten, da man absolut nicht übersehen kann, unter welchen physikalischen Bedingungen die Abkühlung der Sonne vor sich geht. Soviel ist allerdings sicher, dafs der Betrag der Ausstrahlung immer geringer wird, je mehr die Temperatur sinkt, und man verfährt dann wieder am besten, wenn man die möglichst einfache Voraussetzung macht, dafs die Abkühlung nach einer geometrischen Progression vor sich geht. Man erhält dann als erforderliche Zeit für die Abkühlung auf die Hälfte den Betrag von 1600 Jahren. Oder verfolgt man die Rechnung rückwärts, so ergiebt sich, dafs zu Beginn unserer Zeitrechnung die Temperatur der Sonne mindestens doppelt so hoch gewesen sein müsse als jetzt, d. h. 14000° betragen habe.

Es fragt sich nun, ob der Effekt einer doppelt so hohen Temperatur auf die Erde so grofs ist, dafs wir ihn heute aus geschichtlichen Nachrichten über die Klimaverhältnisse oder über die Flora und Fauna nachweisen können. Damit sind wir dann gezwungen, unsere bisherigen rein physikalischen und astronomischen Betrachtungen noch zu erweitern und auch das Gebiet der Meteorologie oder genauer der Klimatologie zu betreten.

Zunächst läfst sich aus dem uns schon bekannten Stefanschen Strahlungsgesetze leicht ermitteln, um wieviel die Strahlung der Sonne abnimmt, wenn ihre Temperatur auf die Hälfte sinkt.

Es ist dies $\sqrt[4]{\frac{1}{2}}$ oder 7%, also gar nicht so sehr viel, so dafs es wohl berechtigt ist, zu untersuchen, ob eine solche Änderung der Strahlung seit 1600 Jahren nachweisbar ist. Dafs die klimatischen Verhältnisse der Erde wesentlich von der Sonnenstrahlung abhängen, ist klar; aber auch andere Faktoren kommen noch hinzu, und dazu gehört vor allen Dingen die eigene Wärme der Erde, welche nicht vernachlässigt werden darf. Bei tieferem Eindringen in die Erde wächst bekanntlich die Temperatur ziemlich stark, so dafs, falls sich die Wärmezunahme in ähnlicher Weise fortsetzt, einige Meilen unterhalb der Oberfläche bereits Gluthitze herrschen mufs. Von hier aus wird

durch Leitung die Wärme an die Oberfläche geführt und strahlt in den Weltraum aus. Wie die Erfahrung an den Polen lehrt, ist diese innere Wärme lange nicht im stande, eine völlige Vereisung dieser Gegenden zu verhindern; die allein von ihr abhängige Temperatur der Erdoberfläche mufs also weit unter dem Gefrierpunkte liegen. Es ist erst in neuerer Zeit gelungen, hierüber zahlenmäfsigen Aufschlufs zu erlangen. Zenker hat nach verschiedenen, unter einander gut übereinstimmenden Methoden als Oberflächentemperatur der Erde ohne die solare Bestrahlung den Betrag von —73° gefunden. Da nun die mittlere Temperatur der Erdoberfläche in Wirklichkeit etwa + 15° beträgt, so bringt mithin die Sonnenstrahlung einen Effekt von 88° zu stande.

Nun haben wir als Änderung der Strahlung in 1600 Jahren 7% gefunden, mithin müfste zu Beginn unserer Zeitrechnung die mittlere Temperatur der Erde 21°, oder wenn man um weitere 1600 Jahre zurückgeht, also noch immer innerhalb historischer Zeiten bleibt, 27° betragen haben. Davon kann aber gar keine Rede sein. Es unterliegt nach den geologischen Funden allerdings keinem Zweifel, dafs vor vielen Jahrtausenden die mittlere Temperatur der Erdoberfläche beträchtlich höher war als jetzt, teils infolge der höheren Eigentemperatur der Erde, teils aber auch wegen der früher zweifellos höheren Sonnentemperatur, zur Zeit nämlich, als die Sonne noch dem 1. Spektraltypus angehörte, worauf zuerst E. Dubois aufmerksam gemacht hat. Geht man aber auf Zeiten zurück, die um etwa 5000 bis 6000 Jahre von uns getrennt sind, so kommt man eher zu dem Resultate, dafs für Europa die mittlere Temperatur, die jetzt etwa 10° beträgt, wesentlich tiefer, etwa bei 0° gelegen haben mufs als damals, wo sich Europa im Zustande seiner letzten Eiszeit befand. Gerade die verschiedenen Eiszeiten lehren, dafs in den letzten Jahrtausenden von einer merklichen Abnahme der mittleren Erdtemperatur nichts zu erkennen ist, sondern nur von starken periodischen Schwankungen auf lokal begrenzten Gebieten.

Deren Ursache kann aber nicht in periodischen Schwankungen der Sonnenstrahlung gesucht werden, auch nicht, wie dies schon versucht worden ist, in etwaigen Veränderungen der Erdbahn; es können hierfür nur terrestrische Änderungen mafsgebend sein, wie sie z. B. für Europa durch Änderungen im Laufe des Golfstromes veranlafst sein können, die ihrerseits durch starke vulkanische Veränderungen — Durchbrüche des Mexikanischen Meerbusens nach dem Stillen Ozean hin — hervorgerufen sein können.

Alle derartigen Überlegungen lehren mithin, dafs in den letzten Jahrtausenden eine Abnahme der Sonnentemperatur, wie sie nach Mafsgabe ihrer Strahlung stattfinden müfste, thatsächlich nicht vorhanden ist, und es ist also klar, dafs Kräfte wirksam sein müssen, welche die durch die Ausstrahlung bedingte Temperaturabnahme ganz oder zum gröfsten Teile wieder ausgleichen. Man kann sich diesen Ausgleich auf zweierlei Arten vorstellen: Entweder wird auf irgend eine Weise der Sonne Energie von aufsen zugeführt, so dafs weder ein Temperaturabfall noch aber auch ein Wärmeverlust eintritt, oder es findet infolge innerer Prozesse wohl eine Erhaltung der Temperatur statt, nicht aber eine solche der Energie. Im letzteren Falle ist der Ausgleich natürlich ein zeitlich beschränkter, da die inneren Kräfte ja einmal erschöpft sein müssen; im ersteren Falle aber könnte die jetzige Temperatur von unbegrenzt langer Dauer sein, da ein Zuflufs äufserer Energie wegen der Unendlichkeit des Weltalls unerschöpflich sein kann.

Es möge nun untersucht werden, auf welche Weise der Sonne Energie von aufsen zugeführt werden kann. In erster Linie könnte man hierbei an die Bestrahlung der Sonne durch andere Fixsterne denken, von denen ja jeder einen ähnlichen Energiestrom durch Strahlung aussendet wie die Sonne. Die Strahlung der Fixsterne, selbst der allerhellsten, ist zwar so gering, dafs ihr Nachweis durch die empfindlichsten Apparate bisher kaum gelungen ist, doch könnte man denken, dafs der Gesamtbetrag, der von einer so grofsen Kugel, wie die Sonne ist, aufgefangen wird, immerhin nicht unbeträchtlich sei. Eine einfache Überlegung lehrt aber die Unmöglichkeit einer solchen Erklärung: es müfste nämlich unsere Erde gerade so intensiv bestrahlt werden, d. h. ihre Temperatur müfste annähernd gleich der der Sonne werden.

Eine zweite Art der Zufuhr von Energie, die gleichzeitig mit einer beständigen Vermehrung der Masse der Sonne verbunden ist, ist durch den Zusammenstofs der Sonne mit meteorischen Körpern denkbar. Wegen der meist sehr grofsen Geschwindigkeiten dieser Körper ist trotz der Kleinheit derselben die lebendige Kraft und damit die umgesetzte Wärmemenge eine sehr grofse. Man hat früher dieser Art der Energiezufuhr grofse Bedeutung beigelegt und ihren Effekt berechnet, indem man die Zahl der auf die Sonne stofsenden Meteore nach den entsprechenden Zahlen für die Erde annahm. Dieses Verfahren ist aber durchaus unberechtigt, da es die Voraussetzung involviert, dafs der Weltraum ebenso dicht mit meteorischer

Materie erfüllt sei wie unser Sonnensystem, was ohne Zweifel unrichtig ist. Von den kleinen Körperchen, welche im Weltall zerstreut sind und in den Anziehungsbereich der Sonne gerieten, ist natürlich nur ein verschwindend kleiner Teil wirklich auf die Sonne gestürzt, ein weit überwiegenderer Teil ist von der Sonne in geschlossene Bahnen gelenkt worden, und infolge dessen hat sich um die Sonne im Laufe der aufserordentlich grofsen Zeiträume, die hierbei zur Verfügung stehen, eine Hülle von meteorischen Partikeln gebildet, die unübersehbar viel dichter sein mufs als der Weltraum. Für den Sternschnuppen- und Meteorfall unserer Erde kommt allerdings diese Dichtigkeit in Frage, für die Sonne aber nur diejenige des Weltraumes. Bei dieser Betrachtung ist noch ganz aufser acht gelassen, dafs vielleicht ein grofser Teil der Meteore nicht aus dem Weltraum stammt, sondern ursprünglich dem Sonnensystem angehört.

Man wird am besten so verfahren, dafs man aus dem bereits abgeleiteten Energieverluste der Sonne die Masse der meteorischen Partikel berechnet, welche zum Ersatz dieses Verlustes notwendig ist. Gelangt ein Körper in den Anziehungsbereich der Sonne und stürzt auf diese herab, so erhält er beim Auftreffen die Geschwindigkeit von 607 Kilometern in der Sekunde. Um nun den Wärmeverlust von 55×10^{31} Calorien jährlich zu decken, wäre bei dieser maximalen Geschwindigkeit eine auf die Sonne jährlich stürzende Masse von 12×10^{18} Kilogramm erforderlich, die, wenn man den meteorischen Massen das spezifische Gewicht des Eisens zuschreibt, aus dem sie ja hauptsächlich bestehen, einen Rauminhalt von 1.6×10^{15} Kubikmetern einnehmen würde, entsprechend einer Kugel von 48 Kilometer Radius. Es ist eigentlich mehr Sache des Geschmacks als der wissenschaftlichen Überlegung, ob man die Wahrscheinlichkeit einer derartigen enormen Massenzuführung für die Sonne zulassen will oder nicht. Zu einem direkten Widerspruche mit astronomischen Beobachtungsergebnissen führt eine solche Annahme nicht, da die eben gefundene jährliche Massenvermehrung nur $^1/_{100\,000\,000\,000}$ der Sonnenmasse gleichkommt, sich also in den planetarischen Bewegungen für unsere Beobachtungen noch nicht dokumentieren kann. Wegen der weit gröfseren meteorischen Dichtigkeit für unsere Erde müfste aber auf letztere verhältnismäfsig viel mehr fallen, und deshalb kann man sich wohl unbedenklich den Folgerungen Youngs anschliefsen, der hierüber sagt: Wenn nämlich wirklich die meteorischen Massen in so bedeutender Menge gegenwärtig wären, so müfsten solche Massen viel häufiger auf die Erde niederfallen, als dies thatsächlich der Fall

ist. Ja die Erde müfste von einer solchen Menge getroffen werden, dafs die Temperatur derselben bis über den Siedepunkt des Wassers gesteigert würde.

Anfangs der 80er Jahre erschien eine Theorie von William Siemens, die damals grofses Aufsehen erregte, und nach welcher die Sonnenenergie überhaupt nicht in dem Raum verloren gehen, sondern der Sonne wieder zugeführt werden sollte.

Die Idee zu dieser Theorie ist wohl mehr aus einem naturphilosophischen Bedürfnisse als aus wissenschaftlichen Überlegungen entsprungen, aus dem Widerstreben des menschlichen Gemüts gegen die Erkenntnis, dafs die Sonnenenergie nutzlos vergeudet wird, dafs nur $^1/_{225\,000\,000}$ derselben den Planeten zu gute kommt. Selten aber ist noch ein wissenschaftliches Streben, welches den Regungen des menschlichen Gemütes, mit anderen Worten also der Phantasie entsprungen ist, von wirklichem Nutzen gewesen. Die Siemenssche Theorie ist heute ad acta gelegt, verdient aber doch aus historischen Gründen und wegen des, wie nicht abzuleugnen ist, geistreichen Gedankenganges eine kurze Darstellung.

Siemens nimmt an, dafs der Weltraum mit aufserordentlich verdünnten Gasen, wie Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenverbindungen und festen Teilchen kosmischen Staubes erfüllt ist. Jeder einzelne Himmelskörper zieht diese Gase an und bildet infolge dessen eine Atmosphäre um sich, die in ihren untersten Teilen hauptsächlich die schwereren Gase enthält. Auch das ganze Sonnensystem als solches hat sich mit einer derartigen Atmosphäre umgeben, deren Dichte die Mitte zwischen denen der Planetenhüllen und des Weltalls hält. Die Verdünnung ist aber immerhin noch so hoch anzunehmen, dafs ein merklicher Einflufs der Reibung auf die Bewegung der Planeten nicht stattfindet.

Die Rotation der Sonne wirkt nun durch Reibung in dieser Hülle wie ein Fächer; die Gase werden an den Polen der Sonne angesaugt, zum Äquator geführt und dort wieder ausgestofsen. Bei der Annäherung an die Sonne werden die zuerst im Zustande äufserster Verdünnung befindlichen Gase allmählich verdichtet und dadurch erwärmt, bei der Berührung mit der Atmosphäre kommen sie zur Verbrennung und entwickeln daher eine starke Wärmemenge, welche zur Erhaltung der Sonnenenergie dient. Die Verbrennungsprodukte werden vom Äquator aus wieder zurückgeschickt. Der wichtigste Punkt der Siemensschen Theorie ist nun der, dafs diese Verbrennungsprodukte durch die Sonnenstrahlung wieder regeneriert werden, wobei

die strahlende Energie also verbraucht wird, so dafs sie nicht ins Unendliche ausstrahlen kann. Die Berechtigung zu einer solchen Annahme zieht Siemens aus Versuchen von Tyndall, nach denen strahlende Wärme durch Wasserdampf und andere Verbindungen sehr stark absorbiert wird unter Dissociation der betreffenden Gase. Die regenerierten Gase werden dann durch die Fächerwirkung den Polen der Sonne wieder zugeführt, dort wieder verbrannt, und so findet ein ewiger Kreislauf statt.

Es hat sich an die Siemenssche Theorie eine sehr umfangreiche Polemik geknüpft, und es sind eine grofse Zahl von Einwürfen gegen dieselbe erhoben worden, die übrigens, wie zugegeben werden mufs, teilweise von Siemens erfolgreich zurückgewiesen worden sind. Wir wollen hier blofs ein einziges Argument gegen die Siemenssche Theorie vorbringen. Wenn der Energieverlust der Sonne zum gröfseren Teile wieder gedeckt werden soll, so mufs ein Energiestrom ständig auf die Sonne strömen, der dem von ihr in Form der Strahlung ausgehenden einigermafsen entspricht. Letzteren empfinden wir nun sehr deutlich, er bedingt unser ganzes Dasein; von ersterem spüren wir nichts: Das ist der unlösbare Widerspruch der Siemensschen Theorie mit den Erfahrungsthatsachen.

Man wird mithin zu der unumstöfslichen Thatsache geführt, dafs die Sonnenenergie wirklich in den unendlichen Raum hinein ausstrahlt, und dafs sie von aufsen her keinen merklichen Ersatz findet. Andererseits aber haben wir mit grofser Sicherheit nachgewiesen, dafs zur Zeit eine merkliche Abnahme der Sonnentemperatur ebenfalls nicht besteht; wir müssen uns also nach der zweiten Erklärungsart umsehen: Verlust der Energie, aber zeitliche Ausgleichung der Temperatur durch innere Vorgänge.

Es ist hier wieder unser grofser Physiker v. Helmholtz, der hierfür eine sehr einfache Theorie aufgestellt und durch Zahlen belegt hat. Wir werden die letzteren gemäfs den in diesem Aufsatze erhaltenen genaueren Daten umrechnen, im übrigen aber dem Helmholtzschen Gedankengange folgen.

v. Helmholtz geht von der Kant-Laplaceschen Weltbildungstheorie aus und erklärt zunächst, woher überhaupt die jetzige hohe Sonnentemperatur kommt, während die Sonne doch ursprünglich ein weit ausgedehnter, sehr dünner Nebel von niedriger Temperatur gewesen sein mufs, aus dem sie durch Verdichtung entstanden ist. Eine solche Verdichtung ist aber weiter nichts als ein Fall der den Nebel bildenden Materie nach dem Centrum hin, und bei einem solchen Falle wird

Wärme frei, wie wir dies schon bei Besprechung der meteorischen Hypothese der Erhaltung der Sonnenenergie gesehen haben. Die bei diesem Falle erzeugte Wärmemenge ist unabhängig von der Zeit, während welcher die Verdichtung vor sich geht; würde sie plötzlich erfolgt sein, so müfste die dadurch entstandene Temperatur der Sonne 28611000° betragen. Weil sie sich aber ganz allmählich in einem enorm grofsen Zeitraum vollzogen hat, so ist infolge des fortwährenden Verlustes an Energie durch die Strahlung die Temperatur niemals auf einen so hohen Betrag gelangt. Da nun die äufsern Teile der Sonne jedenfalls noch gasförmig sind, so nimmt v. Helmholtz an, dafs die Sonne sich auch jetzt noch ständig zusammenzieht und zwar in dem Mafse, dafs die hierdurch frei werdende Wärmemenge den Temperaturabfall ungefähr ausgleicht.

Es läfst sich nun berechnen, dafs, wenn die Sonne sich um den zehntausendsten Teil ihres Durchmessers zusammenzieht, das ist etwa 0″.2, hierdurch eine Wärmemenge frei wird, welche eine Temperaturerhöhung von 2861° hervorrufen würde, oder welche also geeignet wäre, die jährliche Abnahme der Sonnentemperatur von 2.°9 für einen Zeitraum von 1300 Jahren zu ersetzen.

Der Fall der Sonnenmaterie liefert demnach ganz ungeheure Wärmemengen, allerdings verbunden mit einer ständigen Abnahme des Sonnendurchmessers, und es tritt nun die Frage auf, ob die Astronomen durch Messungen des Sonnendurchmessers im stande sind, die von der Helmholtzschen Theorie geforderte Verkleinerung der Sonne nachzuweisen.

Die Bestimmung des absoluten Sonnendurchmessers ist aber grofsen Schwierigkeiten unterworfen, und man kann wohl sagen, dafs eine Verkleinerung des Durchmessers mit Sicherheit erst erkannt werden könnte, wenn sie etwa 1″ beträgt. Dieser Betrag wird bei konstant bleibender Sonnentemperatur aber nach 6500 Jahren erreicht werden, oder mit anderen Worten: Die nach der Helmholtzschen Theorie resultierende Abnahme des Sonnendurchmessers ist bei unserer Messungsgenauigkeit für viele Jahrtausende unmerklich. Die Beobachtungsthatsachen liefern also keinen Grund, an dem Vorhandensein der Temperaturerhaltung der Sonne zu zweifeln, deren theoretische Möglichkeit über alle Zweifel erhaben ist. Natürlich mufs endlich einmal der Zeitpunkt eintreten, wo die Verdichtungsfähigkeit der Sonne aufhört und nun eine wirkliche Temperaturabnahme beginnt.

Wir nähern uns dem Ende unserer Betrachtungen. Wir haben die gewaltige Gröfse des von der Sonne ausgehenden Energiestromes

kennen gelernt, und wir haben konstatieren können, dafs dessen allbelebende Kraft unserer Erde noch auf eine unübersehbare Reihe von Jahrtausenden erhalten bleiben wird. Aber dieser für unsere Begriffe so enorme Zeitraum ist nach der Uhr des Weltalls nur eine kleine Spanne. Unabänderlich wird die Zeit kommen, wo nach Dubois Reymonds klassischem Ausspruche der letzte Eskimo trauernd am Äquator beim Scheine einer Thranlampe friert, und auch der letzte Moment wird nicht ausbleiben, wo alles Leben auf der eiserstarrten Erde aufgehört hat und damit auch das letzte Bewufstsein von allem jahrtausende langen Streben und Kämpfen des Menschengeschlechts, von allen seinen Kulturerrungenschaften. Nicht blofs beim einzelnen Individuum ist der Tod das Ende, er ist auch das Ende aller Dinge auf dieser Welt.





Eine Besteigung des Vesuv von Pompeji aus.

Von Dr. W. Eysoldt in Calbe.

Der begüterte Fremde, der im Fluge Italien durcheilt und in seinen knapp bemessenen Stunden auch den altberühmten Berg bei Neapel, den Vesuv, kennen lernen und die herrliche Aussicht von seinem Gipfel bewundern will, benützt Wagen und Drahtseilbahn, um in einem kurzen Nachmittagsausflug herauf und wieder herunter zu steigen — ohne körperliche Mühe, ohne Verletzung des Schuhwerks, aber auch, ohne den Berg und seine Natur kennen gelernt zu haben. Da ich aber glaube, dafs die Leser dieser Zeitschrift, wenn sie nach Neapel reisen können, nicht nur den Berg besuchen würden, um auch einmal da oben gewesen zu sein oder die Aussicht auf den lichtausströmenden blauen Golf von Neapel genossen zu haben, sondern um ein Bild von der inneren Beschaffenheit des Feuerberges zu gewinnen, so will ich den Versuch machen, im Geiste mit ihnen nicht von Neapel mit der bequemen Gelegenheit des englischen Reiseunternehmers Cook, sondern nach alter deutscher Weise zu Fufs, aber von der entgegengesetzten Seite, von Pompeji aus, den Kegel des Vesuv zu besteigen.

Schon unser Ausgangsort zeigt die vernichtende, aber auch befruchtende Thätigkeit des Vulkans. Ursprünglich lag Pompeji am Meere, und eine ansehnliche Schifferflotte versorgte den Markt der Stadt mit Fischen und Schaltieren. Noch jetzt ist das Menu dieser Frutta di mera (Meeresfrüchte) bildlich uns erhalten; in Mosaik nachgebildet sind im Neapler Museum, aus Pompeji dorthin geschafft, dieselben Fische, Tintenfische und Schnecken zu sehen, die auch jetzt die neapolitanischen Fischer am Ufer Santa Lucia zum Kauf anbieten. Noch ist in Pompeji die Ausmündestelle der alten Kloake vorhanden, die die Schmutzwässer der Stadt dem Meere zuführte, und von der Landstrafse, die uns dem Vesuv über Torse dell' Annunciata zuführt, sehen wir ihre Öffnung, die ursprünglich im Meere lag.

Jetzt trennt ein breites, schön angebautes und bewässertes Vorland, dessen Boden 5 Ernten im Jahre willig gewährt, die alte verschüttete Stadt vom Meere, und wir haben eine reichliche Stunde Weges zurückzulegen, ehe wir das Gestade erreichen. So schuf der Berg in demselben Ereignis die Vernichtung der blühenden Stadt und die Vergröfserung des Landes — und zwar fruchtbaren Kulturlandes —.

Doch wir wollen die alte Stadt, deren Häuser wir hinter dem Schuttwall, den die Ausgrabungen rings herum aufgeworfen haben, halbversteckt gesehen haben, liegen lassen und uns zu unserm Ausflug rüsten.

Ein flotter Vetturin bringt uns, wohl mit Proviant und einer Flasche Wein versehen, die gerade, ebene Landstrafse entlang in 20 Minuten nach Torre dell' Annunciata am Meerbusen von Neapel, einer echt italienischen Stadt mit Nudelfabriken, engen krummen Gassen und himmelhohen Häusern, aus denen die Burschen und Mädchen schalkhaft grüfsen. Betteljungen begleiten den Wagen, un soldo (eine kleine Kupfermünze) durch Zuruf heischend, bis über die Stadt hinaus, freundlicher Sonnenschein, das Klingeln der Herdenglocken, dazwischen das Geläute der Kirchenglocken, die zur Frühmesse rufen, das Geschrei und Peitschenklatschen der Vetturine vervollständigen das Bild südlichen Lebens, das sich hier entrollt. Hinter der Stadt wenden wir rechts bergauf einem kleinen Orte zu, der Bosco tre Case, Gehölz der 3 Häuser heifst, deswegen, weil bei einem der Vesuvausbrüche dieses Jahrhunderts der Ort bis auf 3 Häuser verschüttet wurde. Doch stehen jetzt schon wieder etliche 50—60, und den ganzen Berg hinauf bis auf ein einsames weifses Haus reiht sich Grundstück an Grundstück, Weingarten an Weingarten.

Hier bei der Kirche verlassen wir unsern Wagen. Kaum setzen wir den Fufs auf den Weg, so sehen wir auch, dafs schwarzer Sand ihn bedeckt. Überall zwischen den Pflastersteinen, die aus Lavablöcken bestehen, schwarzer Sand. Es ist Vesuvasche. Sie begleitet uns nun bis zum Gipfel.

Zwischen Weingärten geht es sanft steigend bergauf am Kirchhof vorbei, wo die Opfer der Verschüttung des Dorfes ruhen, darunter auch ein Deutscher; immer im Ausschnitt der Gasse den Vesuv vor uns, an dem man jetzt die braunen Lavaströme unterscheidet, die wie ein Spitzentuch an den Bergesflanken herunterhängen. Zwischen ihnen schwarze Asche.

Bald aber kommen wir ins Freie. Hier sind die Weingärten nicht mehr mit Mauern umgeben. Unser Weg führt quer durch einen solchen; noch einige Treppen, und wir stehen im Hof des letzten Hauses am Abhang des Berges, der sogenannten Casa bianca, des weifsen Hauses.

Eigentlich sollte es schwarzes Haus heifsen, denn es ist ganz aus dunkler Basaltlava gebaut; das Weifse ist nur Kalktünche, um die Sonnenstrahlen abzuwehren und Kühlung im Innern zu schaffen. Dafs dies aber nötig ist, zeigt uns die recht empfindliche Wärme der

italienischen Vormittags-Februarsonne, deren Strahlen nun schonungslos auf uns niederfallen. Dem freundlichen Erbieten der Wirtin gegenüber, uns für unser gutes Geld mit angeblich sehr gutem Wein zu stärken, bleiben wir standhaft und setzen unsern Weg fort, denn nichts ermüdet mehr als zu reichliches Trinken.

Immer noch führt der Weg durch schwarze Asche, in der nur hin und wieder ein schlackenartiges Stück Lava liegt, aber er steigt jetzt steiler bergan. Es geht sich nicht schlecht; die Asche, die sonst lose ist und in die Schuhe fällt, ist vom Regen des vorhergehenden Tages festgeschlagen und läfst den Fufs nicht einsinken.

Je höher wir aber steigen, in desto gröfserer Pracht entfaltet sich das Panorama des Golfes von Neapel, und besonders auf der ebeneren Stelle, le piane genannt, haben wir reichlich Zeit, uns umzusehen. Unter uns Torre del Greco und Torre dell' Annunciata mit ihren ins Meer vorgeschobenen alten maurischen Schlössern und Wachttürmen, links die fruchtbare Ebene von Pompeji mit den Ruinen der alten Stadt, darüber hinaus der Apennin mit zahlreichen Ortschaften, die zerstreut an seinen Vorhügeln hinaufsteigen. Rechts Neapel und weiter der Posilipp und zwischen beiden Gebirgen der Blick in die freie, tiefblaue See. Die beiden Gebirgszüge, die nordwestlich und südöstlich die Bai von Neapel umgeben, sind ganz verschiedener Herkunft. Nach Südosten streicht ein Ausläufer des Apennin mit schroffen Kalkgebirgen, die nie eine Eiszeit glatt und rund geschliffen hat, und bildet die Halbinsel des Monte Sant' Angelo, so genannt nach der höchsten Erhebung, die noch um 200 m den Vesuv überragt; oder auch genannt Halbinsel von Sorrent nach der gröfsten Stadt, die sie trägt. Es ist ein liebliches Bild, diese Küsten mit ihrem Steilabfall ins Meer zu schauen, die einen ewig grünen Wald von Orangengärten tragen, aus dem die weifsen Häuschen und Kirchen herauslugen. Und über den Orangengärten heben sich die schroffen Formen des Monte Sant' Angelo in bläulichen und violetten Tönen vom tiefblauen Himmel ab. Bald erinnert die Landschaft an Prellers Odysseebilder, bald an Böcklins einsam düsteres Schlofs am Meere.

Vom Monte Sant' Angelo wird das Land niedriger; eine Hügelkette ist gekrönt vom Kloster Deserto, dessen Silhouette scharf vom Horizont absticht, und endlich verliert sich das Land in weiter Ferne an der Punta della Campanella im Meer.

Wie ganz anders sieht die gegenüberliegende Küste aus! Keine alpinen Höhen, die sich aus der Gärten blühendem Kranz erheben, sondern graue, kahle, niedrige Hügelketten, gekrönt von Villen, antiken

und modernen, die sich seit alter Zeit die Neapolitaner dorthin gebaut haben. Düster, fast schwarz heben sich die Pinien vom Himmel ab, und die daran schliefsende Grofsstadt Neapel, die mit ihren fehlenden Dächern aussieht, als wäre sie kürzlich abgebrannt, erhöht noch den düsteren Eindruck.

Auf dem Gegensatz der beiden Gebirgszüge, der geologisch begründet ist, beruht nicht zum mindesten der Reiz der malerischen Schönheit Neapels.



Vesuvgipfel mit Drahtseilbahn.

Aber beide Höhenketten finden eine Fortsetzung im Meer: die Sorrentiner Halbinsel an Capri, die Insel, die dem gelagerten Dromedar gleicht und ganz aus Apenninenkalk besteht; der Posilipp an Procida und Ischia, beides Vulkaninseln, erstere niedrig langhingestreckt, letztere als steiler Vulkankegel dem Meere entragend, ein weithin sichtbares Merkzeichen der Schiffer. Capri ist berühmt durch seine lieblich schöne Natur, die jährlich Tausenden willkommene Rast und Ruhe von der Tagesarbeit gewährt; Ischia durch das furchtbare Erdbeben, das vor 15 Jahren in wenigen Minuten 7500 Menschen in Casamicciola tötete.

Wie schon gesagt, sind beide Halbinseln geologisch verschieden. Die Sorrentiner mit der Insel Capri ist ein Ausläufer des Apennin, in den Höhen kahl, mit grotesken, schroffen Formen, steilen Wänden, Zacken und Spitzen und dem entschieden ausgeprägten Charakter des Kettengebirges; die Halbinsel des Posilipp mit Ischia, Procida und Nisida, die sogenannten phlegräischen Gefilde, sind vulkanische Gebiete und aus Auswurfsstoffen, besonders Tuff der zahlreichen Vulkane aufgebaut. Noch verraten zahlreiche warme Quellen von Pozzuoli und Baja, auf Ischia und Nisida den jungvulkanischen Charakter der Gegend, in der sich Krater an Krater, Vulkan an Vulkan reiht.

Doch von der Fernsicht gleitet beim Rückwärtsverfolgen der beiden Ufer des Golfes unser Blick herab zu unsern Füfsen an das Gestade, das beide Gebirgszüge verbindet. Deutlich sehen wir den schwarzen Strand, der aus demselben Sand besteht, auf dem auch wir stehen, umrahmt von der weifsen Linie der anbrandenden Wellen. Aber auch die Lavaströme, die gleich Gletschern am Berge herabhängen, kommen immer näher. Rechts nach der Somma zu sehen wir sie tiefer herabreichen als an unserer Seite, wo sie durch die Asche bedeckt sind.

Wir steigen langsam auf. Hinter dem weifsen Hause wird die Vegetation niedriger; erst kommen noch Weingärten, dann verkrüppelte Maulbeerbäume, endlich Lupinenfelder, die sich eben anschicken, zu blühen, schliefslich ein Gehölz von Pinien, aber nicht den hochragenden Schirmbäumen, die wir in der Ebene sahen, sondern kleinen verkrüppelten, die nur gelben statt schwarzen Sand als Untergrund brauchten, um an die märkische Heide zu erinnern. Überall arbeiten die Landleute, pflanzen neu an, säen Lupinen, ackern und hacken, stecken, verschneiden und binden Weinreben an, um die Asche, die 1886 ihre Felder verschüttet hat, wieder fruchtbar zu machen. Aber wie wir höher steigen und die nackte Lava heraustritt, hört die Vegetation auf. Rotbraune, schwarze Wüste umgiebt uns, nicht einmal Moose und Flechten erzeugt der dürre Boden, nirgends eine Spur von Wasser: Es giebt nichts Trostloseres und Öderes als diesen Berg aus Asche und Schlacken. Waren bisher unsere Kräfte in Anspruch genommen, um trotz der warmen, ungewohnten Sonne mit unserem leichtfüfsigen Führer Schritt zu halten, so haben wir nunmehr Zeit, uns umzusehen. Eine sanfte Ebene, le piane genannt, trennt uns von dem eigentlichen Kegel des Berges noch, und wir nützen die Zeit, uns etwas zu erholen und in der nächsten Nähe umzusehen.

Schon werden Lavastücke in der Asche sichtbar, mannskopf-

grofse, blasige Steine mit Hohlräumen, die klingen, wenn man daran schlägt; bald aber kommen wir auf den nackten Lavastrom selbst. Unser Weg wird steiler, und die Tritte des Führers klingen, wenn seine eisenbeschlagenen Sohlen den Boden berühren; wir sehen Felsen von 5—10 m Höhe aufragen, wo die Lava nicht die blasig schlackige Struktur hat, sondern eigentümlich bandartig, wie frisch gekneteter Nudelteig gewunden ist und als sogenannte „Gekröselava" auftritt. Einige Eidechsen, ein paar weifse Schmetterlinge und Laufkäfer auf dem Boden sind die Zeugen organischen Lebens, an deren Spiel wir uns erfreuen. Während dessen sind wir aber auch an den Fufs des eigentlichen Kegels gelangt.

Ein hartes Stück Arbeit steht bevor. 500 m hoch steigt die Kuppe an, und jetzt unter einem Winkel von 35°—45°, während wir vorher nur um 10° zu steigen brauchten. Auch der Weg wird bedeutend unangenehmer. Wie vor einem Gletscher ein Wall aus Blöcken, Steinen und Geröll liegt, dessen Überwindung nicht unbeträchtliche Schwierigkeit kostet, so geleitet uns jetzt unser Führer am Kopf des Lavastromes über aufgehäufte Lavagerölle, die lose liegend dem Fufse nur unsicheren Tritt gewähren und mit ihren messerscharfen Rändern und Kanten den Zusammenhang unserer Sohlen und Oberleder ernstlich gefährden. Gleich darauf sehen wir den Beweis dieser Beschuhungssorgen, zahlreiche Herren- und Damenstiefel, die von ihren Besitzern zurückgelassen sind und ein friedliches Stillleben auf dem alten Lavastrom geniefsen.

Nicht alles ist gleichmäfsig Lava. Da liegt ein Stück, wie ein Mandelkern, um den spiralig eine Furche läuft: eine gedrehte Bombe, ein Wurfgeschofs des Berges von einem der letzten Ausbrüche.

Klug hat sich ein Vesuvführer, ein sogenannter ajuto, zu deutsch Helfer, hier in der Wüste eine Hütte gebaut, nicht etwa zu frommen Betrachtungen, sondern um sehr materieller Zwecke willen: er bietet dem schwer kletternden Fremden seine Hülfe an, ihn gleich einem Schleppdampfer auf den Berg zu ziehen. Er geht voraus, und der Reisende erfafst ein Schlepptau, das er zieht. Wir aber verschmähen diese Hülfe. Als kräftige und militärisch geschulte Deutsche wollen wir den Berg aus eigener Kraft nehmen, und wenn es uns auch sauer wird, wir klettern, häufig auf allen Vieren, weiter.

Und unsere Anstrengung wird belohnt. Das Geröll hört auf, der Boden wird wieder fest, in kurzen Zickzackserpentinen steigen wir an. Es ist zwar recht steil, und der junge Führer, der nicht ein Lot Fett hat, läuft schnell; uns biertrinkenden Deutschen geht das Berg-

steigen nicht so leicht an. Aber es geht. Nicht nur vor die Tugend, sondern auch vor den Vesuv setzten die unsterblichen Götter den Schweifs. Doch wie wir höher steigen, lohnt die Fernsicht; bis zu den Ponzainseln, auf die die Cäsaren ihre lasterhaften Frauen und Töchter verbannten, schweift der Blick. Dort zieht der Dampfer von Neapel nach Sorrent als schwarzes Pünktchen seine Furche, nur die Rauchfahne macht ihn als solchen kenntlich; hier kreuzen kleine weifse Segler an der Küste, um dem Fischfang obzuliegen; hinter uns kommt der schneebedeckte Apennin in immer gröfserer Ausdehnung hervor, und über Neapel sehen wir Gaeta und weiter die Küste in unbestimmten blauen Linien. Auch über die niedrigeren Höhen der Sorrentiner Halbinsel hinweg sehen wir jetzt die blaue Linie des Golfes von Salerno.

Allein der Führer hat keine Zeit und noch weniger Sinn für die Schönheit der Aussicht. Kennt er doch aufser Neapel kaum eine der Hunderte von Ortschaften, die unser Blick streift, keinen der Gipfel des Apennin. Sein Drängen hat aber anderen Grund. Er fürchtet den Scirocco und Regen. In der That, als wir höher kommen, wird der Wind stärker und treibt spitzigen Staub vor sich her, der empfindlich in die Haut sticht. Endlich erreichen wir einen alten Krater, der so aussieht, als ob eine riesige Beule in den Berg wie in einen steifen Filzhut geschlagen wäre. Von ihm ging der Lavastrom aus, auf dem wir aufgestiegen sind; nun kommt wieder lose Asche, aber feineres Kaliber. Am linken Rand des Kraters aufsteigend, hatten wir noch festen Boden unter den Füfsen; doch kaum wenden wir uns weiter links weg, so sinkt der Fufs bis zum Knöchel in Asche ein, wie auf einem recht sandigen Weg in der Mark, und bei jedem Schritt, den man vorwärts thut, gleitet man einen halben zurück. Die letzten 50—100 m sind am schlechtesten. Nur dafs man bereits das Ziel sieht, die Schutzhütte auf dem Berg, giebt neue Kräfte; endlich kommt man dort erschöpft und atemlos an. Nun aber erst ruhig sitzen und etwas essen und trinken, um sich zu erholen.

Freundlich packt unser Führer die mitgenommenen, jetzt willkommenen Vorräte aus; auf schlechten Holzbänken aus alten Kisten und an einem ebenso konstruierten Tisch wird das Mahl eingenommen — leider war das hier unersetzliche Salz vergessen — und gelobt. Nachdem wir wieder Kräfte gesammelt haben, nimmt uns ein anderer Führer in Empfang gegen den befremdlichen Preis von 4,50 l. und führt uns zum Krater. Wie wir aus der Schutzhütte heraustreten, empfängt uns heftiger Wind, der Wolken schwarzen Staubes mit

sich führt und zu grotesken Formen und Bergen zusammenweht. Tüchtig müssen wir wieder im schwarzen Sande steigen, aber das Ziel, der mächtige Rauchstrom, der dem Krater entströmt, zeigt, dafs wir nicht weit zu gehen haben. Am Fufse der kleinen Sandhügel dampft es schon; Eier, die nur etwas in den Boden verscharrt werden, sind in kurzer Frist hart gekocht, und wo man ein Loch macht, entströmt heifses Gas dem Boden, dessen Wärme man durch den Handschuh fühlt. Endlich stehen wir auf der Luvseite vor dem grofsen Krater selbst. Da ist allerdings gar nichts zu sehen. Wie wenn unsere Hausfrauen grofse Wäsche haben, und man plötzlich den Deckel vom Kessel abhebt, so entströmt weifser Wasserdampf einem schwarzen Loche, alles natürlich viel gröfser als in der Waschküche. Der jenseitige Rand des Kraters ist nicht sichtbar. Doch jetzt grollt es unter unsern Füfsen, der Rauch färbt sich schwarz, einzelne Steine fliegen mit schufsartigem Geräusch auf, gleiten aber gefahrlos wieder in die Öffnung, der sie entstiegen sind.

Der lachend blaue Himmel hat nunmehr eine bleigraue, dunstige Farbe angenommen; der Scirocco weht heftiger, indessen sind die nahen Gegenstände hinlänglich klar. Am Krater vorbei sehen wir jetzt wieder den Wall der Somma, der den Vesuvkegel, wie ein hochgeschlagener Mantelkragen den Kopf, umgiebt, zwischen beiden ein tiefes, ödes mit Lavabrocken besätes wüstes Thal, das Atrio del Cavallo. Nach ihm zu brach 1872 der Vesuv ziemlich tief am Aschenkegel aus und ergofs einen Lavastrom nach dem Observatorium zu, der zahlreiche Fremde, die heraufgeeilt waren, um das Naturschauspiel zu sehen, tötete. Steilwandig und zerrissen fällt der Abhang der Somma dem Atrio zu, selbst guten Hochtouristen keine Möglichkeit zum Hinaufsteigen bietend, während die Landseite sanft abfällt und nicht mehr Mühe macht als der Weg von Bosco tre case bis zum „le piane".

Einst war die Somma gröfser. Sie umgab den Aschenkegel nicht nur zur Hälfte, die ganze West- und Südseite freilassend, sondern sie ging ringförmig um ihn herum. Wo die sanftgeneigte Ebene, le piane unserem Steigen erwünschte Ruhe gewährt hatte, stand einst der Fufs der alten Somma. Wie die innere Fläche dieses grofsen Cirkus aussah, wissen wir nicht; aber der Umstand, dafs Spartacus mit seinem Sklavenheer darin lagerte und von dieser natürlichen Festung aus die Römerheere schlug, läfst schliefsen, dafs Brunnen und Wasser sich in ihr befanden. Wahrscheinlich bot sie ein ähnliches Bild wie der Astroni, in den man von der Höhe von Comaldoli hineinsieht: ein Park, der von einem grofsen Ringwall umschlossen ist.

Die Hälfte der Somma verlor der Vesuv bei dem bekannten Ausbruche, der Pompeji zerstörte, und wir sehen in den Schuttmassen, die die alte Stadt bedecken, und in dem Material, das den Meerbusen zuschüttete, die Überreste des verschwundenen Sommaringes. Hier nach Norden und Osten steht noch der alte Wall. Er schützt die blühenden landeinwärts gelegenen Ortschaften vor der Lava, die sich bei dorthin gerichteten Ausbrüchen im Atrio del Cavallo (Pferdeschlucht) aufhäuft. Erst wenn dieses Thal einmal zugeschüttet und



Fladenlava auf dem Vesuv.

die Somma mit dem Aschenkegel ein Berg sein wird, sind auch diese Landschaften wieder ernstlich bedroht.

Erst nach dem Zersprengen des Sommaringes bildete sich der steile Aschenkegel. Er ist, und dadurch bedingt der ganze Vesuv, verschieden hoch: heftige Ausbrüche blasen einen Teil weg und erniedrigen, die kontinuierliche stille Thätigkeit oder geringe Ausbrüche schütten den Kegel auf und erhöhen den ganzen Berg. Wir selbst stehen gegenwärtig etwas über 1300 m über dem unter uns liegenden Meer.

Nun wird der Wind schärfer, die Landschaft umzieht sich mit Nebel, der Aufenthalt ist so ungemütlich, dafs wir uns wieder nach

der Schutzhütte sehnen. Rückwärts geht der Marsch, und in wenigen Minuten erreichen wir, mehr gleitend als gehend, die Schutzhütte und wundern uns über die Kürze des Weges, zu dessen Bewältigung wir aufwärts wenigstens 20 Minuten gebraucht haben.

Ein anderer Führer (wieder 1 l. Kosten) nimmt uns in Empfang, um uns zum Lavaergufs zu führen, einer zweiten Sehenswürdigkeit des Berges. Entlang der Cookschen Drahtseilbahn rutschen wir mit Siebenmeilenschritten, halb springend, halb gleitend, in 20 Minuten den Berg hinab auf ein schlackig grün-braun schillerndes Lavafeld zu, das wir, unten angekommen, zunächst betreten. Doch nicht lange können wir auf ihm fortgehen, denn der Boden wird warm, und die Rücksicht auf unsre Stiefelsohlen zwingt uns, wieder an den Rand des Kegels zu schreiten. Nach kurzer Zeit stehen wir über einem Loche in der Flanke des Berges, aus dem weifsglühende Lava, starke strahlende Hitze verbreitend, wie ein armdicker Springbrunnen dem Berg entströmt, ähnlich weifsglühendem Eisen, das aus einem Hochofen in Formen gelassen wird. Die Hitze ist bedeutend. Vorsichtig nähert sich der Führer, und mit einer Stange holt er kleine Mengen Lava aus dem glühenden Strome heraus, um Münzen in ihr abzudrücken. Natürlich mislingt der Versuch erst einige Male, wahrscheinlich, weil die geforderten Münzen zunächst gröfsere Sehnsucht nach der Tasche des Führers haben als nach der Lava; endlich aber haben wir jeder ein Stück erkaltete Lava, in der ein 10 Ctm.-Stück steckt, ein Objekt, das wir oben für 1 l., in Pompeji in jedem Laden für 25 Ctm. erwerben können. Im Gelderwerb sind ohnehin alle Italiener Meister, die Vesuvführer sind aber an Geschick und Fingerfixigkeit allen überlegen.

War schon der Aufstieg mit Stiefelresten geschmückt, so empfängt uns hier eine ganze Sammlung. Auch wir blicken nach unserer Fufsbekleidung; siehe da, ihr ist dasselbe Schicksal geworden, wie andern; die Sohle durchgebrannt und das Oberleder angesengt. Nun, ein Paar Stiefel ist der Vesuv schon wert.

Es ist Nachmittag geworden, und unser alter Führer, der uns mit nach der Lava begleitet hatte, drängt nach Hause. Wind und Wetter werden schlechter. Hurtig schreiten wir jetzt, den Berg in einer Spiraltour umgehend, auf le piane zu, wo wir unsern alten Weg treffen; plaudernd und über manches Erlebte scherzend geht es mühelos den Berg hinab. Noch einmal sehen wir uns mit Ruhe die Gekröselava an, dort zeigt uns der Führer einen kleinen Nebenkrater „bocca (Mund)“, dem einst vor Jahrhunderten Lava entströmt ist, aber rasch eilt der Fufs bergab, und ehe wir es ahnen, sind wir

am weifsen Hause angelangt, wo wir nunmehr das Begehren der Wirtin erfüllen und trüben, mostartigen Wein zu uns nehmen.

Dann quer durch Weingärten kommen wir wieder nach Bosco tre case. Glühend geht hinter Capri die Sonne unter, und mit einbrechender Dämmerung treffen wir unsern Wagen, der nun, was das Pferd laufen will, uns nach Pompeji zurückbringt. Schon fallen die ersten Regentropfen, der Wind wird stürmisch und böig, und kaum sind wir im Speisesaal des Albergos, so fängt es an, mit Kannen zu giefsen. Wir aber erholen uns beim heitern Mahle, der wässrigen Sündflut draufsen begegnen wir mit einem guten Trunk Wein. Die Mitgäste fragen, wie es war, und abwechselnd erzählen wir ihnen eine Odyssee von Sehenswürdigkeiten; doch nicht lange hält uns die Tafel, denn unsere Glieder sehnen sich nach Ruhe. Aber im Fremdenzimmer, wie wir uns der Stiefel entledigen, was fällt auf den steinernen Estrich? Ein Haufen Asche, der im Stiefel sich befand und unsere Strümpfe schwarz gefärbt hat. Und was zeigen die Stiefel beim genaueren Besehen? Dafs das Oberleder sich von der Sohle losgelöst hat und überall durchlöchert ist. So hatte sich der Feuerberg zwar nicht an uns, doch aber an unsern Stiefeln gerächt, dafs wir ihn bezwungen haben.

Tags drauf gofs der Himmel den Regen, den der Scirocco zusammengeweht hatte, in reichlichem Mafse herunter. Das klatschende Geräusch, das seine Tropfen und der Wind an den Lederblättern des Eucalyptusbaumes im Garten hervorriefen, liefs uns den ungeheizten Speisesaal doppelt ungemütlich erscheinen; trotzdem fanden wir Genossen der gestrigen Partie uns zusammen und sprachen über den Berg. Der eine, ein österreichischer Arzt, meinte, dieser ganz isoliert stehende Kegel müsse wie eine Blase durch die flüssige Erdmasse erhoben sein; er stellte sich das Verhältnis so vor, wie die Pockenblasen, die die Oberhaut in die Höhe heben, ebenso sei die dünne Erddecke erhoben. Zur Stütze seiner Anschauung führte er das Erdbeben an, das 17 Jahre vor dem verschüttenden Ausbruch des Vesuv Pompeji, wie ein noch erhaltener Senatsbeschlufs zum Wiederaufbau der Stadt beweist, bereits einmal zerstörte. Ein anderer Reisegefährte widersprach mit dem Hinweis auf Neapel: hätte bereits damals sich die Erde geregt, um den Berg zu erheben, so wäre nicht Pompeji allein, sondern alle Städte am Golf, vor allem auch Neapel, in Trümmer gefallen, wovon indessen gar nichts überliefert ist. Auch müsse man doch dann auch am Vesuv Trümmer alten Gesteines finden, besonders den

nahen Apenninenkalk, während doch der ganze Berg nur aus Asche mit dazwischengelagerten Lavaströmen besteht, wovon wir uns ja gestern genügend überzeugen konnten. Der Streit wurde lebhaft mit Gründen und Gegengründen zwischen beiden geführt, während ein dritter Gast zunächst schweigend zuhörte. Endlich gab er die Entscheidung. Aus der Beschaffenheit des Vesuvs allein könne diese Frage, die schon ein alter Streitpunkt in der Vulkantheorie sei, nicht entschieden werden; der Berg schütte immer wieder mit Asche zu, wo sich irgend eine Spur des eigentlichen Gesteines, seines Rückgrates, zeige; wohl aber könnten andere erloschene Vulkane, die angeschnitten seien, sei es durch Menschenhand, sei es durch Verwitterung, die Frage lösen. Besonders an der Insel Procida, die der Rest eines grofsen, aus dem Meere ragenden Kraters sei, ferner mehrere Krater der phlegräischen Felder bewiesen, dafs nicht die Spur ursprünglich ebener, nunmehr aufgerichteter Erdrinde sich in ihnen befände; alles sei aufgeschüttete Asche, Tuff oder Lavaströme, jedenfalls Gesteine und Produkte, die der Berg selbst ausgeworfen habe. Deshalb seien alle Feuerberge aufgeschüttet und nicht aufgebogen. Auch die Lagerung der Schichten, die innen nach dem Krater zu, aufsen nach dem Fufs hin geneigt seien, was man bei Procida sehen könne, spricht dagegen. An aufgeschütteten Bergen bilden deshalb im Innern die Schichten einen Winkel; sie sind sowohl nach der Krater-, wie nach der Fufsseite hin geneigt, und dies sei der bündigste Beweis dafür, dafs Aufschüttung vorliege. Einen mittendurch geschnittenen Vulkan gäbe es zwar in Italien nicht, aber anderswo, und dort könne man auch sehen, wie die Vulkanesse durch die ungestörten, ebengelagerten alten, aus dem Wasser abgesetzten Schichten hindurchtritt und der eigentliche Vulkan, ohne Verbindung mit diesen ihnen fremd aufgesetzt ist.

Diese Belehrung wurde gerne angenommen, auch der Gegner war vollständig überzeugt.

Einig waren aber alle drei darin, dafs es den Genufs eines Ausfluges doppelt erhöhe, wenn man sich klar mache, wie die Gegend entstanden, und wie das schöne Landschaftsbild, in dem die unterirdischen grollenden Gewalten mitten in die herrlichsten Gärten und lachendsten Gefilde hineinragen, einst sich gebildet und modelliert habe.

Hierzu aber den freundlichen Leser nicht nur in Neapel, sondern auch anderswo anzuregen, ist der Zweck dieser Zeilen.



Die meteorologischen Drachen-Experimente auf dem Blue Hill-Observatorium.

Obgleich bald 150 Jahre verflossen sind, seitdem Franklin seine epochemachenden elektrischen Versuche mit Drachen anstellte[1]), hat man sich doch bis vor kurzem nur recht wenig dieses einfachen Hilfsmittels zur Erforschung der Luft bedient. Jetzt aber ist in Amerika beinahe ein Wettstreit entstanden, wer die gröfsten Erfolge mit Hilfe von Drachen erzielt. Es ist einerseits das staatlich geleitete „Wetterbüreau der Vereinigten Staaten", welches viele Experimente angestellt hat und dieselben nach einer Mitteilung des Präsidenten Herrn Moore vor der Britischen Naturforscher-Versammlung in Toronto (Herbst 1897) in diesem Jahre für die Wetterprognose praktisch verwerten will. Circa 20 Stationen werden mit Drachen und Registrier-Apparaten ausgerüstet, um möglichst täglich von einer gröfseren Zahl von Orten Messungen der Temperatur, der Feuchtigkeit und des Windes aus etwa 1500 m Höhe zu erhalten. Bisher sind zwar sehr viele technische Einzelheiten, aber keine meteorologischen Ergebnisse bekannt gegeben. Erheblich gröfsere Erfolge hat andrerseits das Blue Hill-Observatorium — Privat-Eigentum des um die Höhen-Meteorologie sehr verdienten Herrn Rotch — aufzuweisen. Diesem Observatorium gebührt auch das Verdienst, die neue Beobachtungsmethode eingeführt zu haben, denn von dort erhoben sich zum ersten Male Drachen, welche Registrier-Apparate trugen (4. August 1894). Seit der Zeit ist man hier unausgesetzt auf diesem Gebiete thätig gewesen, und schon liegt ein stattlicher Band mit Ergebnissen vor, der die Herren Fergusson und Clayton zu Verfassern hat.[2]) Dieser Veröffentlichung sind die folgenden Angaben entnommen.

---

[1]) Es möge hier darauf aufmerksam gemacht werden, dafs die wichtigsten Arbeiten von Franklin über Gewitter-Elektrizität kürzlich wieder veröffentlicht sind in „Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus, herausgegeben von Prof. Dr. G. Hellmann". No. 11. Berlin (Asher) 1898.

[2]) Exploration of the air by means of kites. S. A. aus den Annalen d. Astron. Observ. des Harvard College Bd. 42. Teil I. Cambridge, Mass. 1897 88 S., 8 Tafeln, 4°.

Apparate von 1 kg Gewicht und darüber durch Drachen zu heben, gelingt erst durch Zusammenkoppeln mehrerer Drachen und durch besonders günstige Formen derselben. Der Drachen mufs einerseits leicht genug sein, um sich schon bei einer Windgeschwindig- von 5 bis 6 m p. s. zu heben, andererseits stark genug, um 15 bis 25 m p. s. auszuhalten, also den 10- bis 15fachen Druck von dem, welcher zum Heben erforderlich ist. Derjenige Drachen mufs als der beste gelten, der mit der gröfsten Winkelhöhe die gröfste Stabilität, Einfachheit und Dauerhaftigkeit verbindet. Die besten Erfolge haben bis jetzt der nach seinem Verfertiger genannte Eddy-Drachen, eine Abart der bekannten japanischen Drachen, erzielt und der Hargrave-Drachen, welcher ungefähr die Gestalt zweier mit Zeug bespannter Kartons ohne Boden und Deckel hat. Meist wurden zunächst zwei Drachen hochgelassen, an dessen Verbindungsring der Apparat angehängt, ein Registrier-Instrument für Druck, Temperatur, Feuchtigkeit und Wind nach dem weit verbreiteten Richardschen Typus — und sobald der Zug merklich nachliefs, wurden mehr Drachen an das Kabel gebunden. Auf diese Weise ist es schon gelungen, Aufzeichnungen aus 3379 m Höhe über dem Aufstiegsorte zu erhalten. Derjenige, welcher ähnliche Experimente zu wissenschaftlichen oder zu sportlichen Zwecken ausführen will, findet eine vollständig genügende Anleitung in der Abhandlung von Clayton und Fergusson. Neben vielen technischen Einzelheiten bilden den Hauptinhalt dieser Arbeit die meteorologischen Resultate von 112 Aufstiegen. Es haben sich hierbei manche recht interessante Thatsachen ergeben, von denen einige besprochen werden mögen.

Von Ballonfahrten und Wolkenbeobachtungen war schon bekannt, dafs der Wind stetig mit der Höhe zunimmt und sich dabei rechts herumdreht. Die Messungen auf dem Blue Hill bestätigen diese Erfahrung; nach ihnen ist in 1000 m Höhe nachmittags die Windstärke etwa $2^1/_2$ mal so grofs als am Erdboden. Im Tagesmittel ist dieses Verhältnis jedenfalls noch gröfser, da gerade in den Nachtstunden, wo die Windgeschwindigkeit in der Höhe am gröfsten, unten aber am kleinsten ist, keine Beobachtungen angestellt sind. Die Winddrehung nach rechts wurde auch bei den meisten Aufstiegen gefunden; auffallender als diese Erscheinung war jedoch das starke Überwiegen der Westwinde in geringen Höhen. Herrschten unten Südwinde, so erstreckten sie sich selten über 1500 m; ein Südwind, der erst nachmittags eintrat, reichte meist sogar nur bis 200 m Höhe.

Besonderes Interesse erregt bei solchen Untersuchungen stets

die Temperaturverteilung mit der Höhe. Herr Clayton legt in seiner Darstellung kein Gewicht auf die Gewinnung mittlerer Werte für einzelne Schichten, sondern er stellt verschiedene Typen der Temparaturverteilung auf, die bestimmten Witterungslagen entsprechen. Die ersten beiden Typen beziehen sich auf heiteres Sommerwetter mit Bildung von Haufenwolken. Diese Wolken denkt man sich entstanden durch das Aufsteigen erwärmter Luft vom Erdboden; theoretisch kühlt sich dabei die Luft infolge der damit verbundenen Ausdehnung um 1° C. für je 100 m Steigung ab. Die Beobachtungen auf Berggipfeln gaben meist eine langsamere Abnahme der Temperatur, aber die Drachen-Aufstiege zeigen eine vorzügliche Übereinstimmung mit der Theorie. Zur wärmsten Tageszeit, wenn also die aufsteigende Luftbewegung am lebhaftesten ist, ist auch die Wärmeabnahme mit der Höhe am stärksten. Umgekehrt ist es abends und in der Nacht, wenn der Boden durch Ausstrahlung stark abgekühlt ist; dann sind die untersten 100 m sogar wesentlich kühler als die darüber liegenden Luftschichten. Bei derselben Wetterlage, allerdings mit stärkerer Bewölkung, ist im Winter die Temperaturverteilung eine ganz andere. Es findet dann eine Zunahme nach oben sowohl am Tage wie in der Nacht statt; sie reicht bis zu etwa 400 m, und darüber erst findet eine langsame Abnahme statt. Sehr bemerkenswert ist auch der Typus der „Wärmewelle“: eine Temperaturabnahme von etwa 1° auf 100 m bis zu einer Höhe von mehreren 100 m, dann eine ganz plötzliche Erwärmung — am 2. Januar 1897 stieg die Temperatur um 15° innerhalb 200 m —, und über dieser warmen Schicht wieder eine langsame Abnahme. Für die Wetterprognose scheint dieser im Nordosten eines barometrischen Maximums vorkommende Typus besonders wichtig zu sein, da er einen Witterungsumschlag manchmal 36 Stunden im voraus anzeigt. Von ähnlicher Bedeutung ist der umgekehrte Typus: die Kältewelle oder der Gewittertypus; eine sehr rasche Abnahme von mehr als 1° C. für 100 m, also ein labiles Gleichgewicht der Atmosphäre. Schliefslich ist noch für den Kern eines Hochdruckgebietes eine besondere Verteilung typisch, nämlich bis zu 400 m tagsüber eine langsame Abnahme, nachts eine schwache Zunahme, von 400 m aber bis über 1000 m eine annähernd konstante Temperatur.

In ähnlicher Weise werden für die Feuchtigkeitsverteilung mehrere Typen aufgestellt. Meist nimmt die relative Feuchtigkeit mit der Erhebung vom Erdboden langsam zu. Das Dazwischentreten von Wolken bewirkt natürlich vollständige Sättigung; über der Wolke findet jedoch stets eine sehr rasche Abnahme der Feuchtigkeit statt.

Tritt der plötzliche Übergang von steigender zu fallender Feuchtigkeit ohne Wolkenbildungen ein, so hat man diese Übergangsschicht wohl als die Grenze des aufsteigenden Luftstroms anzusehen.

Verschiedene andere interessante Punkte werden noch hervorgehoben; so die rasche Abnahme der täglichen Schwankung der Temperatur mit der Höhe von 11° C. im Meeresniveau bei Boston bis auf 2,4° in 500 m, bis auf 0,2° in 1000 m Höhe; ferner der Vergleich der beobachteten Wolkenhöhe mit der aus Temperatur und Taupunkt am Erdboden berechneten. Der Unterschied betrug für Wolken unter 1500 m kaum 2 % der Wolkenhöhe, vorausgesetzt, dafs die Windrichtung oben und unten annähernd dieselbe war. — Wir konnten hier nur kurz hinweisen auf die vielseitige Bearbeitung der Beobachtungen, aber diese wenigen Mitteilungen werden schon gezeigt haben, wie überaus fruchtbringend diese Drachen-Experimente gewesen sind. Da die Messungen eifrig fortgesetzt und stetig verbessert werden, so wird man bald neue Ergebnisse erwarten dürfen. Sg.

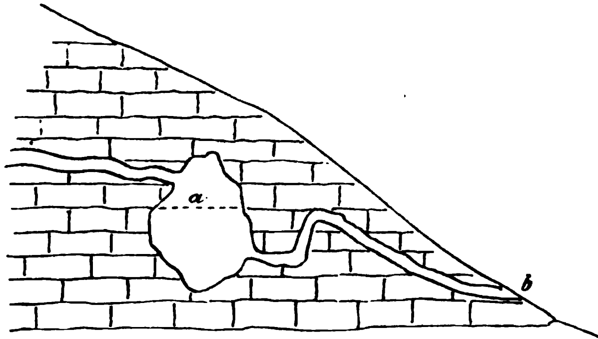


Kammerbühl und Eisenbühl, zwei Vulkanruinen des nördlichen Böhmen. Im nördlichen Böhmen liegen in der Gegend von Eger zwei kleine vulkanische Erhebungen, der Kammerbühl und der Eisenbühl, deren Entstehung wahrscheinlich in die jüngste Tertiärperiode fällt. Man betrachtet sie wohl mit Recht als die letzten Äufserungen vulkanischer Thätigkeit am südlichen Bruchrande des Erzgebirges auf der Durchkreuzung dieser Bruchlinie mit der am Ostabhange des Böhmer Waldes verlaufenden. Zu demselben Vulkangebiete gehören bekanntlich die ausgedehnten Eruptivgesteinsberge des Böhmischen Mittelgebirges, sowie die in langem Zuge auf der böhmischen Thermalspalte aufsetzenden heifsen Quellen. Vor langer Zeit schon knüpfte an diese kleinen Vulkane die Streitfrage der Neptunisten und Vulkanisten an, und der Name mehr als eines berühmten Naturforschers (Göthe, Berzelius, Cotta, Nöggerath) ist mit ihnen verknüpft. Der Kammerbühl besteht aus losen, vulkanischen Auswürflingen und besitzt noch den Rest eines dereinst in westlicher Richtung abgeflossenen Lavastromes, der heute durch Steinbruchbetrieb zum gröfsten Teil verschwunden ist. Der Eisenbühl dagegen stellt eine etwa 25 m hohe kegelförmige Erhöhung am Abhange des Rehberges bei Albenreuth dar. Zu unterst lagern feinerdige Aschentuffe und über ihnen lockere, sterile Schlackenmassen. Sehr eigentümliche Beobach-

tungen sind nun von Proft über die mineralogischen Verschiedenheiten der Lava, der Bomben und Blöcke, sowie der kleinsten Auswürflinge, der sogenannten Lapilli, in diesen beiden kleinen Vulkanen gemacht worden. Während nämlich die Lava einen Biotit führenden Melilith-Nephelin-Basalt darstellt, führen die Lapilli Leuzit und die Bomben und Blöcke Hauyn. Es ist das ein eigentümliches Beispiel für die Beeinflussung der mineralogischen Ausbildung des zur Eruption gelangenden Magmas durch die Bedingungen, unter denen die Erstarrung erfolgt ist. In den äufserst rasch sich abkühlenden kleinsten Auswürflingen scheidet sich Leuzit aus, in den einer minder schnellen Erstarrung unterworfenen grofsen Bomben der Hauyn und in der Lava, die am langsamsten erkaltet, Biotit. Jedes dieser 3 Mineralien ist beschränkt auf eine dieser Erstarrungsmodifikationen. K.



Intermittierende Quellen. Zu den interessantesten Erscheinungen, welche die Quellen darbieten, gehört das Auftreten der sogenannten



intermittierenden Quellen; ich meine damit nicht die in vulkanischen Gebieten auftretenden heifsen Springquellen, die man unter dem Namen der Geisire zusammenfafst, sondern solche Quellen, die ein normales, kaltes Trinkwasser führen und dadurch ausgezeichnet sind, dafs sie unabhängig von der Jahreszeit eine Zeit lang fliefsen, dann versagen und nach Ablauf einiger Zeit wieder zu fliefsen beginnen. Solche Quellen treten hauptsächlich am Gehänge von Kalkgebirgen auf, und ihre merkwürdige Periodizität erklärt sich in folgender Weise: Ein durch Auslaugung im Kalksteingebirge entstandener gröfserer oder kleinerer Hohlraum steht mit der Erdoberfläche durch ein Kanalsystem in Verbindung, welches in schematischer Weise in der obigen Skizze dargestellt ist und einen gebogenen Heber bildet. Sobald die

Wasserfüllung des Hohlraumes bis zum Punkte a vorgeschritten ist, ist zugleich das Heberrohr bis zu seiner höchsten Stelle gefüllt, und sobald das Wasser höher steigt, beginnt durch das Heberrohr ein Ausfliefsen nach der Mündung b. Dasselbe dauert so lange fort, bis der Wasserspiegel im Hohlraume bis zur Mündungsstelle des den Abflufs vermittelnden Röhrenteiles bei c abgezapft ist, und hört dann plötzlich auf, um erst wieder einzusetzen, nachdem das Wasser im Hohlraum wiederum bis zum Punkte a gestiegen ist. Es ist klar, dafs durch verschiedene Gröfse des Hohlraumes und durch verschiedene Menge der in denselben sich ergiefsenden Wasser die allerverschiedensten Perioden in der Intermittenz dieser Quellen herbeigeführt werden können. Solche intermittierenden Quellen finden sich beispielsweise am Nordrande der Schwäbischen Alb in einiger Anzahl im Oberamte Urach, von wo sie Quenstedt beschrieben hat. Ihr Intermittenz erstreckt sich über gröfsere Zeiträume. Daneben aber finden sich auch Quellen, die in Zeiträumen von wenigen Tagen oder Stunden fiiefsen, wie z. B. in Graubünden und am Pilatus. In Ungarn bei Kimp im Süd-Biharer Komitate findet sich eine ganz ähnliche Quelle, die in regnerischen Zeiten alle 10–15 Minuten und in trockenen alle 20—30 Minuten ausfliefst und jedesmal ein Quantum von etwa 40 Eimern Wasser liefert. Der Beginn des jedesmaligen Ausfliefsens wird durch ein geräuschvolles Hervorstofsen von Luft angekündigt, die von den herandringenden Wassern aus den Klüften und Spalten des Quellenweges herausgetrieben wird. (Nach Haas, Quellenkunde.) K.



Franz Bley, Botanisches Bilderbuch für Jung und Alt. Erster Theil. Umfassend die Flora der ersten Jahreshälfte. 216 Pflanzenbilder in Aquarelldruck auf 24 Tafeln. Mit erläuterndem Text von H. Berdrow. Berlin, Gust. Schmidt. 1897. XII, 96 S.

Das vorliegende in sehr ansprechendem Gewande erschienene „Bilderbuch“ will kein nach wissenschaftlichen Grundsätzen sich aufbauendes Buch sein. Es will Anfängern und Laien auf dem Gebiete der Botanik Interesse für die heimische Flora erwecken. Bilder sind hierbei gewifs ein empfehlenswertes Mittel, doch fürchten wir, dafs die vorliegenden Bilder ihren Zweck

zum Teil wegen ihrer Kleinheit verfehlen. Aus einem einzelnen Blatt und einem Blütenköpfchen oder einem Blütenstand, in verkleinertem Mafsstabe wiedergegeben, wird die grofse Mehrzahl der Laien sich kaum ein Bild der ganzen Pflanze vorstellen können. Der Text, der jede schulgerechte Beschreibung vermeidet, vielmehr den Sinn für biologische Erscheinungen wecken will, ist dem Zwecke des Werkes recht gut angepafst, nur hätte der Autor die Anführung der Linnéschen Klassen ganz bei Seite lassen sollen. Die Anführung der deutschen Pflanzennamen führt, wie immer, zu manchen Absonderlichkeiten. Unsere Sprache pafst eben nicht für eine binäre Bezeichnung, besonders dann, wenn die Artbezeichnung nur als eine Übersetzung der lateinischen auftritt. Unschön sind schon Benennungen wie „Gemeines Knabenkraut, Gemeiner Frauenmantel, Gemeiner Kellerhals"; bizarr klingen Namen wie „Gebräuchlicher Himmelsschlüssel, Gefleckter Aron, Übersehene Käsepappel, Abstehender Schwingel, Hohlwurzeliger Lärchensporn" oder gar „Fliegenähnliche Frauenthräne". Führt eine Pflanze einen deutschen volkstümlichen Namen, so führe man diesen an; man lege aber der Sprache keine Daumenschrauben an, dafs mit Gewalt ein Name herauskommt, der immer einem Aufschrei gleichen wird. C. M.

Verzeichnis der der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Annales de l'observatoire d'Astronomie physique de Paris sis Parc de Meudon (Seine-et-Oise), publiées par J. Janssen. Tome premier. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

van Bebber, W. J. Die Wettervorhersage. Eine gemeinverständliche praktische Anleitung zur Wettervorhersage auf Grundlage der Zeitungswetterkarte und Zeitungsberichte für alle Berufsarten. Mit zahlreichen Beispielen und 125 Abbildungen. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Stuttgart, Ferd. Enke, 1898.

Beobachtungen der Planeten Jupiter und Mars aus den Oppositionen von 1896/1897 auf der Privatsternwarte zu Landstuhl III. Herausgegeben auf Kosten der Kgl. preussischen Akademie der Wissenschaften von Phil. Fauth. Mit 147 Abbildungen und 5 Karten. Kaiserslautern 1898.

Bericht der Deutschen Pharmaceutischen Gesellschaft. Achter Jahrgang Heft 1. Berlin, Gebr. Bornträger, 1898.

Bibliothek der Länderkunde herausgegeben von Prof. A. Kirchhoff und R. Fitzner. Band I: R. K. Fricker, Antarktis. Berlin, Schall & Grund, 1898.

De Rey-Palhade, M. J. Sur l'extension du système décimal au jour et au cercle entiers: arantages et procédés pratiques.

Hildebrandson, Hildebrand, H. Bulletin mensuel de l'observatoire météorologique de l'Université d'Upsal. Vol. XXIX Année 1897, Edw. Berling, 1897/98.

Homén, Theod. Der tägliche Wärmeumsatz im Boden und die Wärmestrahlung zwischen Himmel und Erde. Mit zehn lithographischen Tafeln und fünf Abbildungen im Text. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1897.

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1897/98. Dreizehnter Jahrgang. Unter Mitwirkung von Fachmännern, herausgegeben von Dr. M. Wildermann. Mit 139 in den Text gedruckten Abbildungen und 2 Karten. Freiburg i. Breisgau, Herdersche Verlagshandlung, 1898.

Kaiserling, C. Praktikum der wissenschaftlichen Photographie. Mit 4 Tafeln und 193 Abbildungen im Text. Berlin, Gust. Schmidt, 1898.

Knipping, E. Seeschiffahrt für Jedermann. Hamburg, G. W. Niemeyer, Nachf., 1898.

Krieger, Joh. Nep. Mond-Atlas, entworfen nach den Beobachtungen an der Pia Sternwarte in Triest. I. Band. Mit 28 Tafeln und Ansicht der Sternwarte Triest. Selbstverlag des Verfassers, 1898.

La Plata. Talleres de Publicaciones del Museo, 1897.

Lockyer, Norman. The sun's place in nature. London, Macmillan and Co., 1897.

Maiss, Ed. Aufgaben über Wärme einschliefslich der mechanischen Wärmetheorie und der kinetischen Theorie der Gase. Mit 29 Figuren im Text. Wien, A. Pichlers Wwe. & Sohn, 1898.

Marcuse, Dr. A. Beiträge zur nautischen Astronomie, Zweiter Teil (Sonderabdruck).

Mitteilungen der Hamburger Sternwarte No. 4. 3. Beiheft zum Jahrbuch der wissenschaftlichen Anstalten XV 1897. Inhalt: W. Luther, Catalog von 636 Sternen nach Beobachtungen am Meridiankreise der Hamburger Sternwarte. Hamburg, Lucas Gräfe, 1898.

Potonié, H. Die Metamorphose der Pflanzen im Lichte palaeontologischer Thatsachen. Mit 14 Figuren. Berlin, Ferd. Dümmlers Verlag, 1898.

Publikationen des Astronomischen Observatoriums zu Potsdam. Herausgegeben vom Direktor H. C. Vogel. XI. Band. Potsdam, Wilh. Engelmann, Leipzig, 1898.

Rapport préliminaire sur une expédition géologique dans la Cordillère argentino-chilienne entre le 35° et 36° latitude sud par Dr. Leo Wehrli et Dr. Carl Burckhardt.

Ricco, A. Gli Osservatorii di Catania e dell' Etna (Estratto dalle Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani Vol XXVI, 1897).

Risultati delle osservazioni meteorologiche fatte nel quinquennio 1892—96 all Osservatorio di Catania. Nota dei Proff. A. Riccò e G. Saija.

Rothe, K. Schmetterlingsetiketten. Wien, A. Pichlers Wwe. & Sohn.

Rousdon Observatory Devon. Variable star notes No. 3. S Cassiopeiae and S Ursae Majoris. 1887—1896. C. E. Peek.

Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg. Band 13, Zweite Abteilung. Marburg, Elwertsche Verlagsbuchhandlung, 1898.

Stige, A. Über das Wetterschiefsen am südöstlichen Abhange des Bachergebirges nächst Windisch Feistritz (Steiermark). Cilli, Fritz Rasch, 1898.

Todd, D. P. A New Astronomy. American Book Company, Chicago.

Tyndall, J. Die Gletscher der Alpen. Autorisierte deutsche Ausgabe. Mit einem Vorwort von Gustav Wiedemann. Mit eingedruckten Abbildungen und einer farbigen Spectraltafel. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1898.

Weiss, Berth. Die Zukunft der Menschheit. Leipzig, Otto Weber, 1898.

Zenger, K. W. Die Meteorologie der Sonne und das Wetter im Jahre 1888, zugleich Wetterprognose für das Jahr 1898. Mit einer Tafel mit neun Heliogravuren. Prag, Selbstverlag.

Zsigmond, R. A Légnyomás A Magyar Birovalomban 1891 — Töl 1890 — Ig, Budapest, 1897.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.





Dolinenfelder bei St. Canzian.



Die Karstländer und ihre Wirtschaft.

Von **Prof. E. Richter** in Graz.*)

Die Karstländer gehören in ihrer physiognomischen Erscheinung zu den genauest umschriebenen und am schärfsten charakterisierten Gebieten der Erdoberfläche. Sie sind eigenartige, von ihren Umgebungen sich auf das deutlichste abhebende Landschaften; meist kann man die Grenzlinie ganz genau ziehen, Übergangsformen fehlen. Die Physiognomie der Landschaft, das System der Thäler und Flufsläufe, die Art der Verkehrslinien, Anbau, Bodennutzung und Siedelung, ja selbst die Küstenbildung haben ein besonderes, nur ihnen eigentümliches Gepräge.

Wir verbinden mit dem Namen Karst die Vorstellung rauher steiniger, unfruchtbarer Gegenden mit dünner Bevölkerung und rückständiger Kultur.

Es darf als bekannt vorausgesetzt werden, dafs es der geologische Bau ist, dem sie dieses Wesen verdanken. Kalke der mesozoischen Formationen, vornehmlich der Kreide, Kalke und Sandsteine des ältesten Tertiär setzen den Boden zusammen. Diese Schichten sind gröfstenteils in regelmäfsige Falten zusammengeschoben; die jüngeren Sandsteine bilden zum Teil Ausfüllungen der Mulden, von den Höhen, den Faltensätteln sind sie verschwunden. Die Faltung war auf dem gröfseren Teile des Gebietes nicht so energisch, um grofse Gebirge entstehen zu lassen, obwohl Ketten von Mittelgebirgshöhe (1000—2000 m) zahlreich sind; aber ebenso häufig ist flachwelliges, hügeliges Land.

Die räumliche Ausdehnung unseres Gebietes kann hier als bekannt gelten. Der „Karst" ist zwar ein Lokalname, der an dem süd-

*) Illustrationen nach Photographien des Verfassers.

lichsten Teil von Krain und dem Hinterlande von Triest haftet; man hat sich aber gewöhnt, alle Gebiete gleicher Naturbeschaffenheit als Karstländer zu bezeichnen. In diesem Sinne liegt ihr Beginn für den von Norden kommenden Reisenden unmittelbar südlich von Laibach, wo die Bahn plötzlich von dem Sumpfboden des Laibacher Moores auf zerrissene und schartig rauhe Felsbuckel übertritt. Ihr Anschlufs an die julischen Alpen vollzieht sich in einem Stufenbau, indem deren rauhe Hochflächen von 2000 und mehr Meter Höhe allmählich sich gegen Südosten erniedrigen. Von da ab bildet unser Gebiet einen Streifen von durchschnittlich 100 km Breite, der sich in südöstlicher Richtung längs der Ostküste der Adria hinzieht. Seinen Abschlufs findet er in den Gebirgen Montenegros und der oberen Herzegowina, wo abermals ein treppenartiges Aufsteigen zu Hochgebirgen stattfindet, die einen ähnlichen Charakter besitzen wie die julischen Alpen; wie auch die beiden höchsten Gipfel hier und dort, Durmitor und Triglav, derselben Gröfsenordnung angehören.

Die Ostgrenze gegen Kroatien und Bosnien ist zum Teil aufserordentlich scharf gekennzeichnet. Ganz plötzlich tritt der Reisende z. B. bei Karlstadt in Kroatien von fruchtbarem und flachem Schwemmland auf die niedere Karstplatte über; nicht minder scharf ist der Gegensatz zwischen den bewaldeten Schieferbergen mit rinnenden Bächen am oberen Verbas in Bosnien und den öden Hochflächen von Kupres an der Strafse von Bugojno nach Livno, oder beim Übergang am Cemerno-Sattel, der aus dem Gebiet der Drina zu dem Karstgebiet von Gacko hinüberleitet. An anderen Stellen ist die Geradlinigkeit der Grenze verwischt durch Vorsprünge und Ausläufer, die das Kalkgebiet in Gestalt von Plateaus und Bergmassiven in das grüne Hügelland von Bosnien vorschiebt; doch ist auch hier die Grenze im einzelnen überall durch den Wechsel der Vegetation, durch das Auftreten kahler Felsen und das Fehlen offener Wassergerinne auf dem Kalke deutlich und unzweifelhaft.

Die Westgrenze bildet das Meer, so zwar, dafs sämtliche dalmatinische und liburnische Inseln, sowie die Halbinsel Istrien dem Karstgebiete angehören. Nur im äufsersten Norden zwischen Duino und Görz sind es die Alluvionen des Isonzo, die an den Karst sich anlegen. Aber auch hier ist die Grenze sehr deutlich ausgeprägt. Als eine weithin sichtbare Stufe erhebt sich das rauhe trockene Karstland aus den versumpften oder üppig bewachsenen Fluren der venetianischen Ebene. Hier liegt, zwischen den julischen Alpen und dem Meere, die einzige althistorische Pforte von den Gefilden Italiens in das Karst-

land und weiter ins Donaugebiet zu den östlichen Randlandschaften der Alpen, gekennzeichnet durch die Lage von Aquileja, der Grenzfestung Italiens gegen die östlichen Barbarenländer, und der Schlösser Görz und Gradiska, der habsburgischen Grenzwarten gegen Venedig.

Es bedarf keines langen historischen Nachweises, dafs das Karstgebiet in allen Zeiten der Geschichte eine überaus wirkungsvolle Völkerscheide und Kulturgrenze gewesen ist. Noch in der römischen Kaiserzeit versuchten seine barbarischen Bewohner ernst-



Fig. 1. **Karstweide bei St. Canzian.**
(Leidlich gut begraster Boden mit wenig Wachholdergestrüpp.)

lichen Widerstand gegen die römische Herrschaft, und diese konnte wohl nur dadurch sich behaupten, dafs das Gebiet auch von der unteren Donau her in die Mitte genommen werden konnte. Das ganze Mittelalter hindurch sind aber die beiden Seiten der Adria wie zwei verschiedene Welten; hier das hochkultivierte Italien mit seinem glänzenden Vertreter Venedig, dort barbarisches Mittelalter bis in unsere Tage. Nur an der Küste konnten sich die Venetianer festsetzen; aber ihre Macht reichte kaum weiter als die Sichtbarkeit des Meeres, und nur dünne Fäden friedlichen Verkehrs spannen sich von den Küstenstädten, besonders Ragusa, ins Innere der Länder. Selbst das Binnengebiet von Istrien war den Venetianern nicht unterthan,

und die Grenze zwischen venetianischem und österreichischem Besitz zog ein halbes Jahrtausend quer durch das so einheitlich gebaute Land. Für Habsburg war aber das Gebiet ein fernes und unbeachtetes Nebenland; selbst das schon im 14. Jahrhundert erworbene Triest gewann erst im 18. Jahrhundert Bedeutung und Würdigung.

Das ist ein Verhältnis, das zu denken giebt. Man hatte auch im Mittelalter Sinn und Verständnis für wichtige Verkehrslinien und beherrschende Punkte, und schon die Aufnahme Triests in die österreichische Klientel (1382) durch jenen Leopold, der später von den Eidgenossen bei Sempach erschlagen wurde, scheint zu beweisen, dafs der Wert einer Berührung mit der Adria für die österreichischen Länder bereits damals erkannt worden ist. Wenn aber mehr als 300 Jahre darnach noch vergangen sind, bevor diese Beziehungen mit Triest irgend eine Bedeutung gewannen, so wird der Grund doch nur in der Unwirtlichkeit und Verkehrsfeindlichkeit der Karstländer zu suchen sein, die erst von der gesteigerten Staatskraft der theresianischen Zeit überwunden werden konnte. Unter Karl VI. und Maria Theresia beginnen die grofsen Strafsenanlagen, und damals erst wurde Triest der Seehafen Österreichs. Fast ein Jahrhundert später folgten die Verbindungen Fiumes mit dem Hinterlande und die Aufschliefsung Kroatiens gegen die See. Im kroatischen Küstenlande tritt der hohe und wilde Karst unmittelbar ans Meer. Hier hatten sich die tapferen Bewohner in ununterbrochenen Kämpfen der Türkenherrschaft erwehrt. Weiter südwärts vollends ist erst vor 20 Jahren dem Mittelalter ein Ende gemacht worden, indem Österreich das ganze Karstgebiet bis an die Grenzen Montenegros besetzt hat. In diesem Lande und in dem benachbarten, ähnlich beschaffenen Albanien dauert es noch heute.

Solche Erscheinungen müssen ihren letzten Grund in der Beschaffenheit der Länder haben. Die Kulturfeindlichkeit der Karstländer beruht einerseits auf den Schwierigkeiten, die sie dem Verkehr entgegensetzen, andererseits auf der Schwierigkeit, sie mit Erfolg zu bebauen und zu bewirtschaften. Es wäre verfehlt, zu sagen: auf ihrer Unfruchtbarkeit. Denn sie sind nicht an und für sich unfruchtbar; sie verlangen nur eine vorsichtigere Behandlung als Gebiete mit normaler, europäischer Bodenkrume. Doch davon später mehr; die Besprechung dieser Frage soll gerade den Hauptinhalt der vorliegenden Schrift bilden.

Zunächst vom ersten Punkt, der Verkehrsfeindlichkeit.

Auf niederen, sagen wir, mittelalterlichen Kulturstufen sind Flüsse

und Flufsthäler in unebenen Ländern die Hauptverkehrsmittel und Verkehrslinien. Auch auf höheren Stufen, wenn der Flufsverkehr durch Strafsen und Bahnen in den Hintergrund gedrängt oder ganz ersetzt ist, behalten die Thäler ihre Bedeutung bei. Nur durch das grofsartige und weitverzweigte Thalnetz, besonders die grofsen, auffallend ebenen Längsthäler sind die Alpen so verkehrsfreundlich und verkehrsreich geworden; nur durch sie ist die Existenz inneralpiner Völker und Städte ermöglicht. Die Karstländer entbehren aber zusammenhängen-



Fig. 2. **Karstweide bei St. Canzian.**
(Leidlich gut begraster Boden mit wenigem Wachholdergestrüpp.)

der offen laufender Flüsse und besitzen daher auch keine regulären Thalsysteme. Das ist ein Hauptpunkt. Es giebt nur einen einzigen Flufs, der das ganze Karstgebiet seiner Breite nach durchfliefst, die Narenta. Aber abgesehen von ihrer Kleinheit läuft sie mindestens die Hälfte ihrer Länge in so wilden unzugänglichen Schluchten, dafs sie nicht einmal heute durchweg von Wegen begleitet ist, und selbst auf ihrem wichtigsten Stücke, wo ihr die grofse Strafse vom Hinterlande ans Meer folgt, — Bahn und Fahrstrafse von Sarajewo nach Mostar und Metković — hat man noch vor zwanzig Jahren einzelne enge Stellen auf weiten Umwegen über das Gebirge umgangen. Alle anderen Karstflüsse sind nur kurze Torrenten oder

durch Kaskaden unterbrochen, wie die Kerka, oder fliefsen in wilden Schluchten wie die Ćetina. Der gröfste Teil des Gebietes entbehrt aber der Thäler und oberirdischen Flüsse gänzlich. In den Sandsteinmulden oder in den mit Alluvionen ausgefüllten Einsenkungen des Karstlandes bilden sich hier und da oberflächliche Gerinne, häufig durch mächtige Quellen gespeist, die am Fufs der Kalkgehänge hervorbrechen; aber sie werden von den Klüften des Karstes wieder verschlungen, wie die Reka bei S. Canzian, der Poik bei Adelsberg, die Trebinšiza und zahllose andere.

Die Karstländer sind also nicht Gebiete „gleichsinniger Abdachung", sondern „Wannenländer", wie das Penck in seiner Morphologie genannt hat. Es fehlen ebenso die grofsen durchgehenden natürlichen Verkehrslinien, wie die beherrschenden Verkehrsknotenpunkte, und damit auch die beherrschenden Landschaften. Man denke, um bei dem Beispiele der Alpen zu bleiben, an Verkehrslinien wie die Brenner- oder Splügenstrafse und an Stadtlagen wie Innsbruck, Bozen, Chur, Grenoble, Aosta. Die Karstländer bestehen aus einem schier unentwirrbaren Chaos von felsigen Rücken, deren Höhe von wenigen Dutzend Metern, wie auf vielen Inseln und in Istrien, bis nahe an 2000 m sich erhebt, und dazwischen liegenden längeren oder kürzeren Einsenkungen, die nicht in Verbindung mit einander stehen. Das einzige Prinzip der Ordnung ist die vorherrschende Längsrichtung von Nordwest nach Südost, also parallel der Küste. Es leuchtet aber ein, dafs gerade diese Anordnung dem Verkehr von der Küste ins Binnenland die gröfsten Schwierigkeiten entgegensetzt.

Sehr bezeichnend für diese Verhältnisse ist die Lage der Städte. Das Innere des Karstgebietes hat überhaupt nur Kleinstädte, deren Entstehung kaum von Verkehrsverhältnissen, sondern nur von der gröfseren Fruchtbarkeit der nächsten Umgebung bedingt war. Meist sind sie daher am Rande gröfserer Mulden — Poljen — gelegen. In diesen Rahmen fallen die kroatischen Städte Ogulin, Otoćać, Gospić die bosnischen Bihać, Livno, Bilek, Trebinje, die dalmatinischen Knin, Sign und Dernis, lauter Kleinstädte von wenigen Tausend Einwohnern. Etwas anders liegt die Sache nur bei Mostar, das durch die Position an der Ausmündung der grofsen Strafse aus Bosnien in den flachen Teil der Herzegowina zu einem Verkehrsknotenpunkt und Herrschaftssitz bestimmt ist. Interessanter ist die Lage der Küstenstädte. Diese ist entweder rein insular, in dem Sinne, dafs sie ihre vornehmsten Beziehungen zum Meer haben, wie etwa Bergen im Verhältnis zu Norwegen, das ja heute noch keine ununterbrochene Landverbindung

mit dem Hinterlande besitzt, nicht einmal eine Strafse, geschweige denn eine Bahn. Es sind Haltpunkte für den Küstenverkehr; Beziehungen zum Binnenlande sind höchst unbedeutend oder waren es doch ursprünglich.

In diese Reihe gehören sämtliche istrischen Küstenstädte, von Capodistria angefangen, Pirano, Cittanuova, Umago, Parenzo, Rovigno, Pola; dann Lussin, Zara, Trau, Lesina, Curzola, zum Teil auch Sebenico, Spalato und Ragusa. Sebenico hat ein etwas ausgedehnteres und reicheres Hinterland, noch mehr Spalato, dessen nächste Umgebung von ungewöhnlicher Fruchtbarkeit ist, und das am Ende eines alten und wichtigen Strafsensystems liegt. Spalato ist der einzige Platz in Dalmatien, der den Anforderungen einer Hauptstadt für die Küste und das Innere halbwegs entspricht. Es hat daher schon jetzt alle anderen Städte überflügelt und wird das in noch viel höherem Grade thun, wenn es erst durch eine Bahn mit Bosnien verbunden ist. Leider ist die Ausführung des schon ausgearbeiteten Vorschlages neuestens wieder vertagt worden. Ragusa hatte einst eine grofse Stellung, auch im Verkehr mit dem Innern, obwohl die Lage rein insular und das nächste Hinterland ganz unwirtlich und schwer überschreitbar ist. Metković, an einem anscheinend sehr wichtigen Punkt, der Narentamündung, gelegen, ist, obgleich jetzt Endpunkt der Bosnischen Bahn, doch bis heute ein elender Flecken geblieben, wahrscheinlich wegen der ungesunden Lage in den Sümpfen und der früher so schweren Einfahrt in die Narenta. Auch ist der Zugang von Süden durch die weit vorgestreckte Halbinsel Sabioncello versperrt. Die neue Bahn nach Ragusa soll offenbar dieses zum Ausfuhrhafen für Bosnien machen.

Eine andere Reihe von Küstenstädten hat mehr den Charakter von Ausfallspförtchen als von Thoren des Verkehrs. Dazu zählen das alte Uskokennest Zengg, am Fufs des steilen Karstabhanges von Croatien, durch einen mehr als 600 m hohen Pafs, den Vratnik, mit dem Inneren verbunden, Carlopago, Makarska und Almissa, endlich Cattaro, alle an hoher steiler Küste auf winzigen Vorländern hingebaut; schon in den Strafsen der Städte beginnt der steile Aufstieg ins Hinterland.

Die istrianische, kroatische und dalmatinische Küste ist reich an ausgezeichneten Häfen. Küsten von diesem Typus besitzen deren stets unzählige, fast noch mehr als Fjordküsten. Doch können sie nur im geringen Grade nutzbar werden, wenn das Hinterland so leer, so unwirtlich und so verkehrsfeindlich ist. Der Küstentypus ist aber

der eines ins Meer versenkten Faltenlandes, dessen Faltung mit dem Ufer parallel läuft. Die äufsersten Falten bilden die Inseln. Sie alle bestehen wie das Festland aus zahlreichen parallelen Kalkrücken; die dazwischen liegenden Meeresteile sind versenkte Thäler. Meist wohl ist der weichere Inhalt der Mulden zwischen den Falten, der Sandstein (Flysch, Macigno) durch die Meeresabrasion zwischen den härteren Kalkrücken herauspräpariert worden. Nicht selten setzen sich die Meeresarme und Längsbuchten am Lande als Sandsteinthäler fort.

Zusammenfassend können wir also sagen: durch die vorherrschende Streichrichtung der zahlreichen Faltenzüge von Nordwest nach Südost, parallel der Küste, die nicht durch Querthäler unterbrochen sind und auch keinen durchgehenden Längsthälern Raum geben, ist der Verkehr von der Küste ins Innere auf das äufserste erschwert; das innere Land ist in eine Menge kleiner getrennter Kesselthäler und winziger Bestandteile zerstückt, hohe und schwer überschreitbare Rücken zerteilen es. Das alles ist sehr ungünstig; doch könnte die Geschichte der Karstländer und ihr trostloser Zustand von heute ohne einen zweiten Umstand nicht erklärt werden, nämlich ihre angebliche oder wirkliche Unfruchtbarkeit und Öde in Bezug auf Vegetation und Bodenprodukte.

Der Boden der Karstländer, im Sinne des Ackerbodens, ist ein ganz verschiedener, je nach den drei Arten des geologischen Untergrundes. Wir haben strenge zu scheiden die Flysch- oder Sandsteingebiete, den Alluvialboden in den Karstmulden (Poljen) und den Kalkboden.

Der eocäne Flysch, ein bläulicher oder gelber Sandstein von wechselnder Festigkeit, ganz ähnlich dem sogenannten Wiener Sandstein, der den Wiener Wald und eine lange Zone von alpinen Vorbergen aufbaut, und dem Sandsteine der äufseren Karpathenzonen, ist ein Gestein, das eine gute Verwitterungskrume liefert, für Wald sehr geeignet ist, regelmäfsige offene Thalsysteme besitzt, und das daher genügende Voraussetzungen für eine gedeihliche Bodenkultur darbietet. In einzelnen Teilen von Istrien ist die leichte Erodierbarkeit ein Hindernis; die Thälchen und Gräben leiden an geringer Stabilität der Gehänge, Rutschungen und Verwüstungen sind nicht selten. Doch sind die Flyschgebiete überall, wo sie auftreten, grüne Oasen von mitteleuropäischem Aussehen im Vergleiche zu den Nachbargebieten.

Sie teilen diese Eigenschaft mit dem Boden der Poljen, jenen

grofsen oder kleinen länglichen Einsenkungen zwischen den Kalkrücken, die vornehmlich Abwechslung in das Relief bringen. Ihr Boden besteht zum Teil aus tertiären Seeausfüllungen, zum Teil aus ganz junger Aufschüttung. Sie wären von grofser Fruchtbarkeit, wenn sie nicht so sehr von Überschwemmungen zu leiden hätten. Da ihre regelmäfsige Entwässerung durch unterirdische Abzugskanäle erfolgt, deren Querschnitt beschränkt ist, so bringt jede regenreiche Periode Stauungen des Abflusses und damit Überflutung der ganzen Ebene oder wenigstens der tieferen Stellen. Kaum wird man im Frühling oder Winter über den Karst fahren, ohne schon in den Poljen von Planina und Adelsberg Wasserspiegel glänzen zu sehen. Nur die Baumreihen und Zäune verraten, dafs hier zu anderen Zeiten Wiesengründe sind. Bei manchen Poljen überwiegt die Zeit der Überflutung die der Trockenheit, so beim bekannten Zirknitzer See. Im Val Canali bei Ragusa habe ich in gleichen Jahreszeiten einmal alle Wein- und Obstgärten unter Wasser gesehen, das andere Mal war keine Spur davon zu bemerken. Hier läfst sich durch menschliche Kunst viel erreichen, wenn auch nicht überall eine gründliche Abhilfe schaffen. Der Reinigung der Ponore (Sauglöcher) und deren Erweiterung sind enge Grenzen gesetzt; erfolgreicher ist es, sie durch Gitter vor vorübergehender Verstopfung durch zugeschwemmtes Holz und Gestrüpp zu schützen. Derlei ist bei Planina, Livno, Gacko u. a. Orten mit Gewinn unternommen worden; die Veröffentlichungen des österreichischen Ackerbauministeriums und der bosnischen Landesregierung enthalten lehrreiche Bilder dieser Thätigkeit. Auch Dammbauten, Bachregulierungen und Thalsperren fehlen nicht. Die ohnehin schon höchst auffallende Verdichtung der Bevölkerung im Umkreis der Poljen, die überall wahrzunehmen ist, kann also wohl noch weitere Fortschritte machen. Die Dörfer liegen fast niemals auf dem Grunde der Poljen, offenbar wegen der Überflutung, sondern am Rande oder auf inselartigen Erhebungen des festen Gesteins.

Sandsteinmulden und Poljen machen aber nur einen kleinen Teil der Karstländer aus. Weit überwiegend ist der Kalkboden. An ihn denkt man zuerst, wenn vom Karste die Rede ist, und er ist auch das entscheidende Element für Fruchtbarkeit und Bevölkerungsdichte.

Wenn man gewisse Striche des Tschitschenbodens bei Triest, die Küste des kroatischen Karstes bei Zengg und Carlopago, viele Teile der dalmatinischen Inseln und des Inneren von Dalmatien, besonders aber die Herzegowina betrachtet, so wird man leicht

zu dem Urteil verführt, unwirtlichere und unfruchtbarere Landstriche könne es nicht geben. Man erwartet es nicht, in Europa Wüsteneien zu sehen, die an die Hamaden der Sahara erinnern. Soweit das Auge reicht, alles kahl; nur verwitterte, scharfkantige und abenteuerlich zerfressene Felsrücken und Buckel, von greller, weifser Farbe, dann weitgedehnte „Scherbenfelder", wie sie Stache, der verdienstvolle Erschliefser der Karstgeologie genannt hat, auf denen der Fufs über klirrende Gesteinstrümmer hinschreitet, ausgedehnte Trümmer-



Fig. 3. **Karstweide bei Zengg (Kroatischer Küstenkarst), stark verwüstetes „Scherbenfeld".**

halden an jeder etwas steileren Erhöhung, zahllose trichterförmige Gruben von wenigen Metern bis mehreren hundert Metern Durchmesser, kein Haus, kein Baum weit und breit. Man fragt sich, bei welcher Wetterstimmung diese Landschaft einen trostloseren Eindruck macht; wenn eine wolkenlose Sonne erbarmungslos auf die Steine herniederbrennt, dafs die Luft in der Hitze zittert, oder wenn eine eisige Bora von den Höhen herabbraust, dafs jeder kleinste Halm sich biegt, oder wenn der Scirocco seine schweren, schwarzen Wolken mit schwülfeuchter Luft und klatschendem Regen heranschiebt.

Das sind die schlimmsten Regionen des Karstes, und deren giebt es leider nur allzu viele. So sind aber doch nicht die ganzen Karstländer beschaffen. Es ist eine lange Reihe sehr allmälicher Ab-

stufungen und Übergänge, die von jenem Zustand bis zu dem Lorbeerhain von Abazzia, den Wein- und Ölgärten der Umgebung von Fiume oder Castelnuovo und den Forsten des Krainer Schneebergs hinüberführt. Eine Prüfung dieser gewaltigen Abstufungen der Fruchtbarkeit und Kulturfähigkeit wird unzweifelhaft die beste Aufklärung über die Ursachen der schlimmen Zustände und vielleicht auch gewisse Gesichtspunkte für die Möglichkeit der Hilfe gewähren.

Kein Karstgebiet ist so öde, dafs nicht Schafe und Ziegen ihre Nahrung fänden. Sieht eine Halde von weitem auch noch so kahl und vollkommen pflanzenlos aus, bei näherem Zusehen bemerkt man überall zwischen den Steinen spärlichen Graswuchs. Kleine Herden schwarzer und gelblicher Schafe gehören zur unvermeidlichen Staffage des Karstlandes; vom Tschitschenboden angefangen, wo der Hirt ein in braunen Loden gekleideter Tschitsche ist, bis nach Montenegro, wo ein Held in weifser Tracht mit Handschar und Revolver stolz den Fremdling mustert.

Die erste Steigerung der Vegetation auf dem Karstboden ist das Auftreten von Sträuchern. Zunächst sind es niedrige, struppige Wachholderstauden, die als schwarze Tupfen schon aus der Ferne der Landschaft ein fleckiges, allerdings noch häfslicheres Aussehen geben. Dazu gesellen sich bald andere, teils immergrüne, teils blattwechselnde Arten. Die Zusammensetzung der Strauchvegetation der Karstländer ist sehr verschieden, je nach der geographischen Breite; ist doch auch das Klima der hochgelegenen Teile des krainerischen und kroatischen Karstes grundverschieden von dem der unteren Herzegowina und der südlichen dalmatinischen Inseln. Die blattabwerfenden Arten, haarige Eichen, Blumeneschen und Buchen, herrschen in den nördlichen Gebieten vor, die immergrünen, Judendorn, Pistazien, die baumartige Erika, in den südlichen. Der Parallelkreis von Spalato bildet eine freilich wenig ausgesprochene Grenze des Vorwiegens der einen und anderen Pflanzenformation. Auf den südlichen Inseln nimmt diese Buschvegetation den Charakter der Macchien an; undurchdringliche Dickichte mehr als mannshoher, eng verwachsener Sträucher überziehen wie ein dichter Filz die kleinen und gröfseren Inseln, nur hie und da überragt von dünnen Beständen der Strandkiefer. Sehr schön ist diese Art Bewachsung auf der Insel Lacroma und der Halbinsel Lapad bei Ragusa zu sehen. Die Macchien reichen aber nicht weit ins Innere; selbst in der Nähe des heifsen Mostar ist die Zusammensetzung des Buschwaldes, der dort die besser bewachsenen Hänge überzieht, eine andere, und die Be-

stände sind weniger dicht. Die Macchien im strengsten Sinn können nicht beweidet werden, wohl aber die etwas dünner bestandenen Gebiete. Die Macchien sind eine Vegetationsform, von der man den Eindruck hat, dafs sie der Hauptsache nach natürlich ist, ohne Zuthun des Menschen entstanden. Dieser hat sich wohl darauf beschränkt, die vielleicht einst häufigeren Kiefern auszuschlagen; aber auch eine lange Zeit der Ruhe und Unberührtheit würde an dem Bestande und Wesen dieser Dickichte kaum viel ändern.

Ganz anders steht es aber mit den übrigen öden Gebieten des Karstes, von den ganz kahlen Hängen des kroatischen Seekarstes und Tschitschenbodens, den nackten Scoglien bei Sebenico, den steinigen Rücken von Kupreš und Gacko, bis zu den dornigen Gestrüppen von Mostar.

Es läfst sich mit vollster Sicherheit behaupten, dafs alle diese Gebiete, also der weitaus überwiegende Teil aller Karsteinöden, erst durch die menschliche Wirtschaft das geworden, was sie heute sind.

Der Beweis hierfür wird erbracht durch das Vorkommen einer ganzen Stufenleiter von Bodenkulturen, vom hochstämmigen Urwald bis zu dem ergiebigsten Acker- und Gartenbau in allen Karstgegenden, und zwar in unmittelbarer Nachbarschaft der unfruchtbarsten Einöden.

Dafs der Karst einst bewaldet gewesen, ist eine altbekannte Sache, und ebenso verbreitet ist die Ansicht, dafs die Venetianer ihn durch ihren starken Bedarf an Schiffsbauholz, Piloten, Brennholz u. s. w. verwüstet hätten. Demgegenüber ist durch H. v. Guttenberg auf die ausgezeichneten Forstgesetze hingewiesen worden, die die Venetianer schon frühe für ihre Gebiete erlassen haben. Auch erstreckte sich der Einflufs Venedigs nur auf einen sehr geringen Teil der Karstländer; Abholzung und Verödung finden sich aber auch in Gebieten, wo niemals ein Venetianer Holz geholt haben kann, wie im Inneren der Herzegowina. Sicherlich kann aber jeder Karstboden — die allernächste Nachbarschaft des Meeres vielleicht abgerechnet — Wald getragen haben. Dies wird noch heute deutlich bewiesen durch das Vorkommen von Wäldern und Waldresten in allen Teilen unseres Gebietes, in allen Breiten und Höhenstufen. Vom Beginn des Karstes hinter Laibach bis gegen Adelsberg durchzieht die Bahn geschlossenen Forst von Fichten und Tannen. Schönere Wälder als die fürstlich Schönburgschen Forste am Krainer Schneeberg wird man nicht sehen können; und doch wachsen sie auf reinem Karstboden. Karrenrücken

und Felsstufen durchbrechen allenthalben den Waldboden, eine Doline grenzt an die andere. Ebenso ist das Innere des kroatischen Karstgebietes mit den ausgedehntesten Forsten bewachsen oder war es noch vor kurzer Zeit. Mitten im Triestiner Karst liegt der prachtvolle Eichenwald von Lipizza. Aber auch weiter südlich fehlen nirgends die Zeugen einstiger Waldespracht. In einer der entsetzlichsten Öden, zwischen Suica und Livno, auf dem 1100 m hohen Rücken der Borovo Polje, überrascht ein Hain hochstämmiger Eichen;



Fig. 4. **Doline bei Dirazza mit Wiesenboden.**
(Hochcultiviertes Karstgebiet.)

eine Oase in der Wüste kann nicht schärfer von ihrer Umgebung abstechen. Ebenso tritt am Prolog in der Nähe der dalmatinisch-bosnischen Grenze plötzlich unter groben Blöcken und Gestrüpp ein Hain prächtiger Laubhölzer auf. Sagen von Wäldern, die einst der Räuber wegen abgebrannt worden seien, die in ihnen Schlupfwinkel gefunden, hört man vieler Orten in der Herzegowina. Kurz gesagt, das Beweismaterial für die einstige Bewaldung und, was noch wichtiger ist, die Waldfähigkeit der Karstländer liegt in erdrückender Fülle vor; darüber kann gar kein Zweifel sein.

Bei der allgemeinen Waldfreundlichkeit, die gegenwärtig in den Kulturländern, wenigstens in der Litteratur, herrscht, wird man sonach

bald mit dem Urteil fertig sein: welcher Frevel, solche Schätze der Natur zu verwüsten!

Dem ist entgegenzuhalten, dafs allenthalben in der Welt das erste Werk der Kultur war und ist, die Wälder zu roden, um Raum für die Menschen und ihren Anbau zu gewinnen. Sobald man die Karstländer besiedelte, mufste man daran gehen, einen Teil der Wälder niederzuschlagen. Das ist in unseren Ländern seiner Zeit ebensogut geschehen, wie es in Nordamerika geschah, und ist eben unerläfslich. Man erkennt diesen einfachsten Grund der Entwaldung auch in dem, noch jetzt gut bewaldeten, Krainer Karst ganz deutlich. Die Umgebung der Ortschaften ist gerodet, die abliegenden Gebiete sind bewaldet. Hier macht sich auch die Höhenlage sehr fühlbar. Das Massiv des Krainer Schneebergs liegt zu hoch für Ackerbau und Bewohnung; oberhalb der Höhenlinie von 1200 m beginnt der geschlossene Forst.

Gegen die Entwaldung eines Teiles der Karstländer ist also kaum etwas Stichhaltiges einzuwenden. Sollte die Bevölkerung das Leben von Holzhauern und Köhlern führen oder ihr Dasein als Jäger fristen? Nicht in der teilweisen Rodung der Wälder ist das Unheil des Karstes begründet, sondern in der Wirtschaftsform, die ihr folgte, und die noch heute besteht. Und dies ist die überwiegende Viehwirtschaft. Die Bewohner leben hier noch heute vorwiegend von der Viehzucht, und zwar von der Haltung des Kleinviehes, besonders der Schafzucht. Die Gründe hierfür liegen zum Teile in der Natur des Landes; in welchem Mafse auch in der Anlage und den Neigungen der Bevölkerung, ist sehr schwer zu beurteilen. Die Südslaven in diesen Gegenden sind heute ohne Zweifel arbeitsscheu, zu müfsigem Hirtenleben mehr geneigt als zu kluger, systematischer Arbeit, äufserst genügsam und bedürfnislos, dabei selbstbewufst und der Nachahmung besserer Muster völlig abhold, ohne Streben. Als sie im frühesten Mittelalter diese Gegenden besiedelten, waren sie vollends ein barbarisches Hirtenvolk; in jenen Jahrhunderten aber, in denen die europäischen Völker zu höheren Kultur- und Wirtschaftsformen emporstiegen, seufzten sie unter einem ganz rohen und jeden Fortschritt ausschliefsenden Regiment, dessen unheilvolles Wesen auch die Nachbargebiete niederhielt. Die Frage liegt nahe, was aus den Karstländern geworden wäre, wenn sie von einem anderen Stamme bewohnt wären, oder wenn den jetzigen Bewohnern ein glücklicheres politisches Geschick zuteil geworden wäre? Wer will sie beantworten?

Wenn aber die Menschen, die Wälder allmählich ausrottend, das Karstgebiet vorherrschend zur Viehwirtschaft benutzten, so folgten sie zunächst einem Antrieb, der in der Natur begründet ist. Das Karstland mit seiner dünnen Bodenkrume und dem allenthalben hervorstehenden Felsboden, seinen heifsen Sommern, starken Regengüssen und der Bora ist für den Ackerbau schlecht geeignet. Damit kamen sie aber sofort in einen verhängnisvollen Zirkel. Denn nichts kann diese üblen Eigenschaften des Landes und Bodens mehr fördern als



Fig. 5. **Ölgarten bei Sebenico.**
Die Bäume zwischen den Schichtköpfen gepflanzt.

eben wieder die Kleinviehhaltung. Der heutige Zustand, der einzelne Stücke geradezu unbewohnbar macht, ist das Ergebnis dieses „circulus vitiosus".

Der Ackerbau in den Karstländern ist heute — abgesehen von den Poljen und Flyschgebieten — hauptsächlich auf zwei Formen beschränkt: auf die Benutzung der Dolinenböden und auf Terrassenkultur an den Berg- und Hügellehnen. Schon bei Adelsberg sieht man die ersten Trichter oder Dolinen, auf deren Grund gröfsere oder auch nur einige Quadratmeter grofse Beete mit Körnerfrucht oder Kartoffeln bebaut sind. (S. Titelblatt.) In diesen Dolinen ist die kostbare Fruchterde, die terra rossa, teils natürlich abgelagert

teils mühevoll zusammengetragen. Die „rote Erde" des Karstes wird von den meisten Forschern für einen Rückstand bei der Zerstörung der Kalke gehalten, und wenn man z. B. in Steinbrüchen die grofsen Mengen dieses roten lehmigen Materials sieht, das alle Fugen und Klüfte des Kalkes erfüllt und diesen scheinbar rot färbt — das Gestein selbst ist immer weifslichgelb —, so ist man wohl geneigt zu glauben, dafs die Auflösung des Kalkes seit Beginn der Tertiärperiode die jetzt vorhandenen Massen liefern konnte. (S. Fig. 6.) Dem steht aber das Urteil Staches gegenüber, der die Meinung vertritt, die Kalkauflösung genüge nicht, das Auftreten der jetzt vorhandenen roten Erde zu erklären, die vielmehr nur ein Rest einstiger viel mächtigerer, selbständig abgelagerter Decken sei. So wird man sich wohl im Urteil bescheiden müssen. Gewifs ist die terra rossa jetzt die Trägerin des Ackerbaues im Karstland, und ebenso in Montenegro wie in den nördlichen Gebieten werden die Dolinenfelder mit der gröfsten Sorgfalt gepflegt. Das ist aber doch nur ein sehr kleiner Bruchteil des gesamten Bodens. Einen viel höheren Standpunkt nimmt das ein, was oben Terrassenkultur genannt wurde. Da das Abschwemmen der Fruchterde vor allem vermieden werden mufs, so hat man besonders in wärmeren Lagen, nahe der Küste und auf den Inseln, durch Terrassierung des Geländes Streifen sicheren Bodens zu gewinnen gesucht. Dort gedeihen der Ölbaum, Wein, Obst und allerlei Bodenfrüchte, meist in strotzender Üppigkeit. Aber nicht immer ist Terrassierung nötig. Man sieht in Dalmatien Gehänge und auch ebene Stücke, wo der Fruchtboden durch Auflesen der lockeren Steine gereinigt, gewissermafsen konzentriert ist. Diese aufgelesenen Steine sind zu mächtigen Mauern zusammengehäuft, die die Flur oft in unzählige winzige Abschnitte gliedern. Besonders die Ölwälder auf den Inseln stehen auf solchem Boden. Die Karstrippen schauen zwischen den einzelnen Bäumen allenthalben hervor, und hier macht sich eine merkwürdige Abhängigkeit des Anbaues vom geologischen Bau bemerkbar. Jene Landstriche, wo die Kalkschichten mehr oder weniger steil an der Oberfläche ausstreichen, sind viel günstiger als solche, wo die Schichten flach liegen. (S. Fig. 5.) Zwischen den verwitterten Schichtköpfen hält sich die rote Erde leichter, und die Bäume können ihre Wurzeln tiefer treiben; wo aber die Schichten flach liegen, da bilden sich meistens Scherbenfelder, auf denen zwar Gräser, aber keine Bäume gedeihen. Man meidet daher solche Stellen bei künstlichen Aufforstungen und bevorzugt das anscheinend rauhere Gebiet der ausstreichenden Schichten. Auch eigentliche Fruchtfelder sind nicht

selten in Dalmatien, die durchaus von Felsrippen durchzogen sind, so dafs kein Pflug, sondern nur die Harke in Anwendung kommen kann. Und zwar kann man auch hier viele Abstufungen bis zum schönen glatten Acker mit tiefen Furchen in der dunkelroten Erde wahrnehmen, woraus deutlich wird, wie durch Zufuhr von Erde, Düngung und Humusbildung die fruchtbare Schicht erhöht und der Felsenboden zum Verschwinden gebracht werden kann.

Und auch hier gilt, was vom Walde gesagt wurde. Es giebt

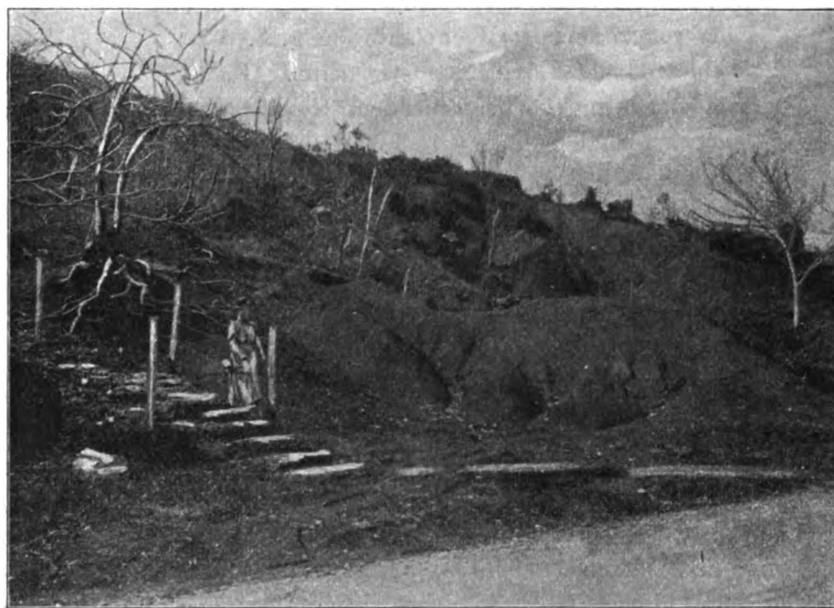


Fig. 6. **Anschwemmung von Terra rossa am Meeresufer bei Lovrana (Istrien).**

kaum einen Strich des Karstes, wo nicht mitten in der trostlosen Einöde ein kleiner, ummauerter und bearbeiteter Fleck die Kulturfähigkeit des Bodens bewiese. Die grellsten Gegensätze liegen häufig genug, nur durch eine Trockenmauer getrennt, knapp nebeneinander: üppiger Garten, Hochwald, Buschwald, verödeter Steinboden. (S. Fig. 7.) Gänzlich unheilbar scheinen nur die nach Osten gekehrten Gehänge der quarnerischen Inseln (Veglia, Arbe, Pago) zu sein, wo die Bora zu viel Salzstaub anweht, als dafs Vegetation aufkommen könnte.

Noch ist eine wichtige Kulturform zu erwähnen, die zwischen dem Naturwald und dem beschriebenen Feldbau in der Mitte steht: der Laubwald auf Grasboden. Man sieht recht häufig in Dalmatien ummauerte Striche, wo die Steine ausgelesen sind, aber nicht mit

Ackerfeld, sondern mit Wiesengrund. Hier stehen dann Haine von Laubbäumen verschiedener Art, die mit kurzer Umtriebszeit ausgenutzt werden. Das Gras wird gemäht und schliefslich abgeweidet. Das Bezeichnende ist aber auch hier die Ummauerung, das heifst der Ausschlufs der freien Weide.

Sonach begegnen wir in den Karstländern folgenden Formen der Bodenbewachsung und Nutzung nebeneinander:

1. Ganz ödes Gebiet, Scherbenfelder auf flachliegenden oder Klippenreviere mit ausstreichenden Schichten, stellenweise fast ganz vegetationslos; Weideland. (Fig. 8.)
2. Weideland mit vereinzeltem Gestrüpp. (Fig. 1—3.)
3. Weideland mit vorherrschendem Gestrüpp; Buschwald und Macchien ohne Schutz.
4. Umzäunte Niederwälder und Wiesengrund. (Fig. 4.)
5. Umzäunte Felder mit ausgelesenen Steinen, zum Teil noch mit Felsrippen, zum Teil ohne solche.
6. Ähnliche Ölhaine und Weingärten, vielfach auf Terrassen. (Fig. 5, 7.)
7. Dolinenfelder. (Titelbild.)
8. Alter Hochwald; in Bosnien in mannigfaltigen Stadien der Verwüstung durch Kopfholz-Wirtschaft.
9. Neu geschaffene Wälder, vornehmlich auf dem Triestiner Karst.

In Bosnien, wo eine Forstgesetzgebung erst in neuester Zeit geschaffen wurde, herrscht die Sitte, auch hochstämmigen Laubhölzern die Krone abzuschlagen, wodurch sogenanntes Kopfholz entsteht. Es wurden dort folgende Übergänge, und zwar nicht auf Karst, sondern auf dem Schiefergebirge beobachtet: fast vegetationsloses, vom Vieh zerstampftes Gelände; Auftreten einzelner verbissener Sträucher; Verdichtung derselben, endlich Buschwald; Auftreten einzelner grofser Kopfbäume; solche vorherrschend; Wald von Kopfhölzern; endlich unverletzter Hochwald. Alles dies in zunehmender Entfernung von den Wohnstätten. Man sieht daraus ohne weiteres den Einflufs der Weide und der Wirtschaft.

Die Aufforstung auf dem Triestiner Karst hat in den letzten zwei Jahrzehnten eine Anzahl meist sehr gut gedeihender Schwarzföhrenbestände geschaffen, deren Bedeutung für eine Gesundung der Karstländer aber nicht überschätzt werden darf. Davon mehr im nächsten Abschnitt.

Wie kann den Karstländern geholfen werden? Die nächstliegende Antwort ist: Aufforstung. Doch lehrt ein kurzes Nach-

denken, dafs damit zuviel und zu wenig gesagt ist. Man kann nicht Landstriche, die ein stattliches Königreich grofs sind, künstlich aufforsten. Man kann auch nicht eine vielfach nur allzudichte Bevölkerung bei Seite schieben oder zu einer plötzlichen Veränderung ihrer Lebensweise bringen. Die Aufforstung auf dem Triestiner Karst ist ein mühseliges und kostspieliges Werk, das im Verhältnis zur Gröfse des Landes nur kleine Fortschritte machen kann. Man wird auch anderswo die künstliche Waldpflanzung nicht vernach-

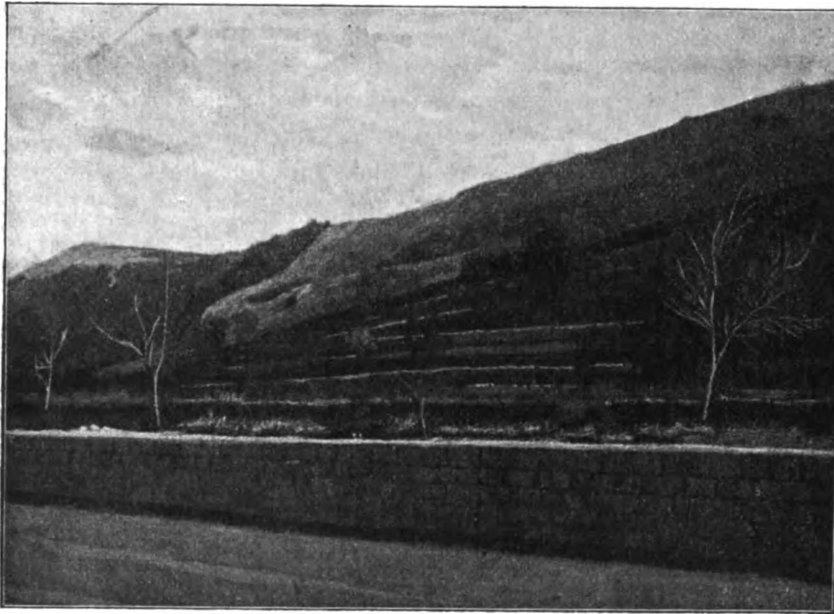


Fig. 7. **Terrassencultur bei Zengg (Kroatien).**

lässigen dürfen, und es geschieht ja auch an vielen Orten damit viel Gutes, aber ein Allheilmittel ist das nicht. Viel wichtiger ist schon die Erhaltung der noch bestehenden Wälder und die Einführung eines geregelten Betriebes bei ihrer Verwertung; denn es ist nur natürlich, wenn man die vorhandenen Holzschätze nicht ungenutzt läfst. Ist doch die Holzausfuhr einer der ersten Posten des österreichischen Exportes. Darauf kann man nicht verzichten.

Das Wichtigste ist aber ohne Zweifel die Einschränkung der Viehhaltung. Die übermäfsige und unausgesetzte Abweidung der waldlosen, ganz kahlen oder mit Buschwerk bewachsenen Gehänge mufs abgestellt werden. Dann verbessert sich das Land von selbst. Der Beweis hierfür liegt in dem Erfolg solcher Mafs-

regeln auf dem Triestiner Karst. Die am meisten verödeten Gelände sind die Gemeindeweiden, die ohne Rücksicht und Schonung von allen Einwohnern auf das gründlichste ausgebeutet werden. Dort, wo der Gemeindebesitz aufgeteilt und in Privateigentum verwandelt wurde, verbesserte sich der Zustand des einzelnen Grundstückes sofort in der auffallendsten Weise. Der neue Eigentümer umhegt seinen Anteil mit einer Steinmauer, für die er die losen Steine aufliest, und regelt den Weidegang. Alsbald bedeckt sich das Land mit einer, freilich oft genug von festem Fels oder Trümmern unterbrochenen Grasnarbe, die verbissenen Gesträuche treiben höhere Schöfslinge und werden mit der Zeit zu Bäumchen, der Wachholder und andere nutzlose Sträucher werden ausgerottet, und die Flur verwandelt sich in das, was sie schiefslich werden kann, in einen grasigen Hain, der sowohl Viehfutter als Holz gewährt und unter günstigen Umständen mit der Zeit zu einem Felde oder einem Weingarten oder Ölgarten werden kann. (Siehe Fig. 4.) Schon vor mehr als 20 Jahren hat Wessely in seinem vortrefflichen Buche über den kroatischen Karst auf eine solche Regelung des Grundeigentums als einzige Rettung hingewiesen. Freilich stehen ihr aufserordentliche Hindernisse entgegen, unter denen der Mangel eines verläfslichen Katasters wenigstens für Kroatien damals keines der geringsten war.

Je nach der Beschaffenheit des Landes wird die Heilung sehr verschieden lange dauern. Im allgemeinen sind die nördlichen Gebiete in dieser Beziehung besser daran als die südllichen, da dort die Sommertrockenheit nicht so ausgesprochen ist, und eine winterliche Schneedecke Feuchtigkeit schafft. Doch scheint es unzweifelhaft, dafs mit grofsem Aufwand von Mühe überall eine Besserung herbeigeführt werden könnte. In Istrien ist die Ziegenhaltung verboten; in Bosnien ist sie durch eine höhere Besteuerung erschwert. Die Ziegen sind bekanntlich noch viel schlimmere Gäste als die Schafe, da sie besonders den Blättern nachstellen. Übrigens kann man in Bosnien selbst die mageren zwerghaften Kühe unbeholfene Kletterversuche an frisch belaubten Sträuchern anstellen sehen, indem sie die Vorderbeine auf die untersten Äste zu stellen sich bemühen.

Man müfste die Bevölkerung dazu bringen, so viel Land als möglich in intensive Bearbeitung zu nehmen, anstatt es in extensiver Weise durch Viehhaltung auszunützen und zu Grunde zu richten. Es wird dann noch immer viel Ödland zurückbleiben; aber durch die Ausbreitung des Kulturlandes in den tieferen Regionen, durch Erhaltung der Wälder, Bannlegung von Buschwäldern, die sich so

in wirkliche Wälder verwandeln würden, könnte es gewifs von unten und oben her eingeschränkt und auf ein erträgliches Mafs gebracht werden.

Das ist unter allen Umständen ein langwieriger Prozefs. Aber man hat im letzten Jahrzehnt auf einigen dalmatinischen Inseln gesehen, wie schnell es vorwärts ging, als nur einige Kapitalien flüssig wurden. Zur Zeit der gröfsten Bedrängnis des französischen Weinbaues durch die Reblaus wurde der dalmatinische Wein ein gesuchter



Fig. 8. **Auf dem Kroatischen Küstenkarst bei Zengg.**

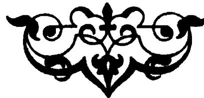
Ausfuhrartikel nach Frankreich. Gleichzeitig gewann man durch die Erzeugung des „Zacherlins" aus einer einheimischen Pflanze mühelos ziemlich viel Geld. Sofort bedeckten sich die Hänge der Inseln in einer von weitem schon auffallenden Weise mit neugerodeten Weinbergen, so z. B. auf der Südseite von Lesina. Leider sind diese günstigen Konjunkturen bald wieder geschwunden. Dieselbe Art Fortschritt zeigt sich in der Gegend von Mostar, wo ein vortrefflicher Wein erzeugt wird, der gewifs eine Zukunft hat. Nur der Anfang solcher Fortschritte ist in den Karstländern überaus schwierig, weil auch der Unternehmendste verzagen könnte, wenn er sich vor die Aufgabe gestellt sieht, aus einer mit Gestrüpp bewachsenen steinigen Halde ein Fruchtfeld zu schaffen. Dazu gehören Kapital und Arbeits-

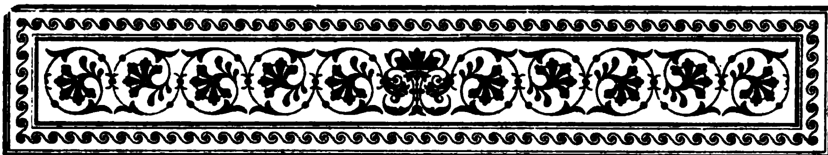
lust. Bei der einheimischen Bevölkerung fehlt das eine und das andere.

Als ich mit einem Freunde diese Verhältnisse besprach und energisches Eingreifen der Gesetzgebung, Förderung des Kredites, Opfer, grofse Opfer, von seiten des Staates, Aufrüttelung der Bevölkerung für notwendig erklärte, wurde mir die Antwort, ob ich denn glaube, dafs sich Kultur überhaupt so von aufsen hinein oder von oben herab machen und schaffen lasse? Wenn man aber nicht überhaupt die Hände in den Schofs legen will, so mufs man diese, vielleicht auf Täuschung beruhende Voraussetzung für richtig nehmen und die Frage mit ja beantworten.

Freilich hat der österreichische Staat noch andere Sorgen und Aufgaben als die Aufrichtung der Karstländer, und vielleicht ist gerade in dem neu erworbenen Gebiete von Bosnien und der Herzegowina die Frage mit mehr System und Energie angegriffen worden als in den alten Provinzen; das Problem liegt aber einmal vor, und was bisher geschehen ist, läfst eine weitere Fortsetzung der Mühe nicht aussichtslos erscheinen.

Die Karstländer sind nicht an und für sich unfruchtbar und zu dem Schicksale verdammt, dem sie anheim gefallen sind; ihr Boden war als Kalkboden nur leider für die schlechte Behandlung, die ihm zu Teil wurde, viel empfindlicher als ein anderer. Es ist zu vermuten, dafs z. B. der Schweizer Jura oder die Rauhe Alp trotz des feuchteren Klimas nach einigen Jahrhunderten südslavischer Viehwirtschaft auch nicht besser aussehen würden als die Karstländer. Die Gegenwart steht aber vor der harten Aufgabe, nicht blofs natürliche Schwierigkeiten zu überwinden, sondern auch noch die Fehler von Jahrhunderten gut zu machen.





Die Tierwelt des Erdteils lebender Fossilien.

Von **Wilhelm Haacke** in München.

„Lebende Fossilien“ — ein Widerspruch in sich selbst eigentlich, denn Fossilien sind, wie der aus dem Lateinischen kommende Name sagt, Dinge, die durch Graben aus dem Schofse der Erde ans Tageslicht gefördert werden, leblose Gegenstände, insbesondere mehr oder weniger umgebildete, „versteinerte“ Reste ausgestorbener Tiere und Pflanzen. Aber die Bezeichnung „lebende Fossilien“ ist gleichwohl nicht übel gewählt; sie kommt Arten von Tieren und Pflanzen der gegenwärtigen Schöpfungsperiode zu, die in diese nicht recht hineinzupassen scheinen, sich altmodisch darin ausnehmen, und zwar deshalb, weil ähnliche Tier- und Pflanzenarten für längst vergangene Zeiten der Erdgeschichte charakteristisch waren. „Lebende Fossilien“ haben ihre nächsten Verwandten nicht unter den die Gegenwart kennzeichnenden Geschöpfen sondern unter Tieren und Pflanzen, die uns als Angehörige der Vorwelt nur durch Fossilien bekannt sind.

Lebende Fossilien aus der Tierwelt giebt es im Wasser und auf dem Lande; aus allen Erdteilen sind welche bekannt, in allen Meeren hat man sie gefunden. Aber im Weltmeere sowohl, als auf dem allergröfsten Teile des trockenen Landes erscheinen Arten lebender Fossilien nur vereinzelt, rechtfertigen sie als Fremdlinge unter den neumodischen Tieren unserer Zeit ihren Namen. Nur ein einziger Erdteil, Australien, macht eine Ausnahme, und zwar, was wenigstens seine Säugetierwelt anlangt, eine so gründliche, dafs er schon lange geradezu das Land lebender Fossilien genannt wird. Mit so wenigen Worten können Tierkunde und Erdbeschreibung ihn auch gar nicht besser bezeichnen. Denn an Stelle der uns so vertrauten Säugetiere des heimischen Europa und der ihm benachbarten drei Erdteile weist Australien eine Säugetierwelt auf, wie sie für das Land jener fernen Zeit charakteristisch ist, in der sich der blendende Kreidefelsen

Rügens, der Muschelkalk des den weitbekannten Fuchsturm tragenden Hausberges bei Jena und der weltberühmte lithographische Schiefer von Solnhofen als Meeresschlamm ablagerten. Das geschah während des Mittelalters der Erde, das in die drei Perioden der Trias-, Jura- und Kreidezeit zerfällt und der Neuzeit der Erde, dem Tertiärzeitalter, voranging. Als ein Rest der Säugetierwelt des Mittelalters unseres Planeten tritt uns die Säugergesellschaft Australiens entgegen, als ein recht altes Stück Urgeschichte der Erde, das sich noch vor unsern Augen abspielt. Es verlohnt sich, ein Bild davon zu mustern, wobei uns das, was wir darauf vermissen, nicht weniger zu denken giebt als das Vorgefundene.

Affen giebt es auf der östlichen und auf der westlichen Erdhalbkugel; im Norden der Erde waren sie früher wohl nicht seltener als heute im Süden. Nur in Australien haben Vertreter der Affenordnung auch zu allen früheren Zeiten ebenso gefehlt wie gegenwärtig. Insektenfresser, d. h. Angehörige der Säugetierordnung, zu der Maulwurf, Igel und Spitzmaus gehören, fehlen der aufseraustralischen Welt nur in Südamerika; in Australien giebt es ihrer so wenig wie Affen. Bären kennt man aus Europa und Asien, aus Nord- und Südamerika, aus der heifsen, der gemäfsigten und der kalten Zone; in Australien findet man keine. Und wenn diese Tiere gleich den Hirschen, die in ähnlicher Weise über die Erde verteilt sind wie die Bären, auch in Afrika südlich von der Sahara nicht angetroffen werden, so finden wir hier doch Marder, Katzen und Hunde, Angehörige dreier Säugetierfamilien, an denen auch in ganz Europa, ganz Asien und ganz Amerika kein Mangel ist, während Australien, abgesehen von dem erst durch den Menschen eingeführten Dingohunde, nichts davon aufweist. Dieses kennt auch keinerlei Wiederkäuer, die doch in allen andern Erdteilen reichlich zu finden sind, und auch von Schweinen, die wir sonst allerorten antreffen, weifs wenigstens das australische Festland nichts zu vermelden. Und so könnten wir noch manche mehr oder weniger weit verbreiteten Säugetiergruppen aufzählen, von denen Australien nie etwas gesehen hat. Dagegen giebt es dort Beuteltierarten in Hülle und Fülle, Vertreter jener merkwürdigen Säugetierordnung, die durch eine Hauttasche am Bauche des Weibchens, einen zur Aufnahme der neugeborenen Jungen bestimmten Brutbeutel, ausgezeichnet ist. Von solchen Tieren giebt es in Australien grofse und kleine, laufende und springende, wühlende und kletternde, raubgierige Fleisch- und harmlose Pflanzenfresser. Die Känguruhs und Wombots, die Beutelmarder und Beutelbären, die Beutelwölfe und Beutelmäuse, die Ameisenbeutler,

die Känguruhratten und viele andere gehören hierher. Und sonst giebt es Beuteltiere — einige wenige einander sehr ähnliche Arten, die Beutelratten — nur noch in Amerika. Dagegen lebten zu einer Zeit, als es weder Affen noch Insektenfresser, weder Bären noch Hunde, weder Marder noch Katzen, als es keine Wiederkäuer und Schweine, keine einzige der für irgend einen aufseraustralischen Erdteil charakteristischen Säugetiergruppen gab, schon Beuteltiere. Das war im Mittelalter der Erde, vor dem Ende der Kreidezeit. Damals gab es Beuteltiere in Europa und Afrika, jedenfalls auch in Asien, damals war diese Tierordnung auch in Amerika viel besser vertreten als heute. Und so können wir mit Fug und Recht behaupten, dafs sich in Australien ein Stück der alten Erde bis in unsere Tage hinübergerettet hat, dafs dort noch heute Geschöpfe leben, wie sie die aufseraustralische Welt schon seit dem Mittelalter der Erde nicht mehr gesehen hat.

Dem Erdteile lebender Fossilien sind aber noch weit merkwürdigere Geschöpfe eigen als die Beuteltiere; in ihm allein haben sich bis auf den heutigen Tag Vertreter der allerältesten, allerursprünglichsten Säugetiergruppen erhalten, die auf unserer Erde erschienen sind. Das sind die Ursäuger, deren Namen uns sagt, dafs wir es in ihnen gewissermafsen mit Säugetieren im Begriffe der Säugetierwerdung, mit Geschöpfen zu thun haben, die eigentlich noch keine rechten Säugetiere sind und auch nicht immer dafür gehalten wurden. Denn als die Ursäuger des australischen Festlandes, das Schnabeltier und der Ameisenigel, um die Wende des 18. und 19. Jahrhunderts in Europa bekannt wurden, zweifelte man zwar nicht daran, dafs man wirkliche Haartiere vor sich hatte, wie es sonst nur echte Säugetiere sind, Haartiere aber, die nicht lebendige Jungen zur Welt brächten, sondern Eier legten. Dies nämlich behaupteten die Eingeborenen Australiens, und wenn der Glaube an die Zuverlässigkeit ihrer Angaben auch durch die Entdeckung von Milchdrüsen bei den australischen Ursäugern einen so gründlichen Stofs erhielt, dafs er bald vollständig aufgegeben wurde, so hat ihn doch das Jahr 1884 als völlig gerechtfertigt erwiesen. Denn vom 2. September 1884 an mufsten die Zoologen, mufsten wohl oder übel auch alle andern Leute an das Vorhandensein eierlegender Säugetiere glauben. Und zwar wollte es ein merkwürdiger Zufall, dafs an demselben 2. September 1884, an dem der Schreiber dieser Zeilen der Royal Society of South Australia in Adelaide ein Ei des Ameisenigels vorlegte, in Montreal in Kanada ein Telegramm von Professor Liversidge in Sydney verlesen wurde,

wonach die australischen Ursäuger grofse dotterreiche Eier legen. Dort tagte nämlich die Gesellschaft britischer Naturforscher, die British Association, mit deren Unterstützung der junge englische Zoologe Calswell zum Zwecke zoologischer Forschungen nach Australien gereist war, und der hatte das Eierlegen der Ursäuger 'etwa um dieselbe Zeit in Queensland entdeckt wie der Verfasser dieses Aufsatzes in Südaustralien. Diese Entdeckungen lenkten die Betrachtung von neuem auf den Bau der australischen Ursäuger hin. Denn diese Säugetiere — das sind sie ja freilich — entbehren so mancher körperlichen Einrichtungen, die andere Säugetiere besitzen, und ihr Körper zeigt so viele Anklänge an den der Vögel, der Kriechtiere, ja selbst der Lurche, dafs der Umstand, dafs sie gleich allen Vögeln und den meisten Kriechtieren und Lurchen Eier legen, gar nicht so wunderbar ist. In der That weicht der Bau von Schnabeltier und Ameisenigel in wichtigen Punkten von dem der höheren Säugetiere ab, um sich dem der genannten anderen Wirbeltiere zu nähern. Zwar das, worauf man zunächst am meisten Gewicht legen möchte, der merkwürdige Schnabel, den gleich dem Schnabeltiere auch der Ameisenigel trägt, hat kaum Bedeutung für die Verwandtschaft der Ursäuger mit Nichtsäugern; er steht mit der Nahrungserbeutung unserer Tiere in Zusammenhang. Aber gewisse Eigentümlichkeiten des Skelettes und der Weichteile weisen so beachtenswerte Ähnlichkeiten mit den entsprechenden Organen nicht nur der Vögel, sondern auch der tiefer als Säugetiere und Vögel stehenden Kriechtiere und Lurche, d. h. der Schlangen, Eidechsen, Schildkröten, Krokodile, Frösche und Molche, auf, dafs dadurch unter allen Säugetieren die Ursäuger den Vögeln, Kriechtieren und Lurchen am nächsten stehen. Dazu kommt noch, dafs die Blutwärme von Ameisenigel und Schnabeltier beträchtlich geringer als die der übrigen Säuger und der Vögel und starken Schwankungen unterworfen ist, zwei Umstände, die die Ursäuger gleichfalls den niederen Wirbeltieren nähern. Dafs nun Ursäuger die ältesten Säugetiere der Erde waren, geht aus merkwürdigen vielhöckerigen Säugetierzähnen hervor, die man in den ältesten, Säugetierreste führenden Erdschichten gefunden hat. Solche Zähne hat nämlich auch das Schnabeltier. Sie fallen ihm zwar bald aus, werden aber grofs genug, um uns ihre auffällige Ähnlichkeit mit den Zähnen der ältesten ausgestorbenen Säugetiere, der „Vielhöckerzähner", in die Augen springen zu lassen. Die Zähne aber sind äufserst wichtige Anhaltspunkte für die Verwandtschaftsverhältnisse der Säugetiere; die Vielhöckerzähner waren Ursäuger. Somit besitzt Australien noch Ver-

treter der ältesten Säugetierwelt der Erde, während die Hauptmasse seiner Säuger aus Angehörigen der zweitältesten Säugetierschöpfung, der der Beuteltiere, zusammengesetzt ist.

Wie ist es aber zu erklären, dafs sich in Australien eine Säugetierwelt halten konnte, die nur noch in Amerika kümmerliche Reste aufweist, sonst aber überall ausgestorben ist? Nun, man mufs wohl annehmen, — und manches rechtfertigt diese Annahme — dafs Australien während der Neuzeit der Erde niemals viel gröfser war als heute, dafs es seit ihrem Mitteltalter in keinerlei Landverbindung mit den übrigen Erdteilen stand, und dafs nur grofse Festländer die Tierwelt zur Fortentwickelung anregen konnten. Von den höheren Säugetieren, die in der Neuzeit der Erde auf den grofsen Festlandmassen entstanden, konnten aber nur solche nach Australien kommen, die schwimm- oder flugbegabt oder auch klein genug waren, um auf Treibholz dorthin verschlagen zu werden. Und von solchen finden wir auch einige wenige, nämlich Seehunde und andere Robben, Fledermäuse und fliegende Hunde, Mäuse und Ratten. Auch die Schweine Neuguineas mögen hierher gerechnet werden, denn auch sie können ziemlich gut schwimmen. Sie mögen aber auch von Menschen — von den Eingeborenen — eingeführt und später verwildert sein. Sicher ist dieses der Fall beim australischen Hunde, dem Dingo, der freilich schon recht lange dort heimisch zu sein scheint. Aber auch die Eingeborenen Australiens, die ihn bei ihrer Besiedelung des Erdteils mit sich führten, müssen schon in den frühesten Zeiten der menschlichen Urgeschichte in ihre jetzige Heimat gekommen sein. Der Dingo und die andern neumodischen Säugetiere Australiens bestätigen durch ihre Beschaffenheit lediglich den vorweltlichen, „fossilen", Charakter der übrigen australischen Säugetiere.

Bei der australischen Vogelwelt wird man ein altmodisches Gepräge kaum erwarten. Denn die Vögel sind flugbegabte Tiere, weshalb Australien leicht von neuzeitlichen Mitgliedern der Klasse bevölkert werden konnte, auch wenn es nicht imstande war, dergleichen selbst zu erzeugen. Einwanderern gegenüber, die auf der Höhe der Zeit standen, konnten altmodische Vögel aber so wenig Stand halten, wie altertümliche Säugetiere in den aufseraustralischen Erdteilen neben den Säugern der Neuzeit auszudauern vermochten. Und so hat sich denn auch in Australien keiner der merkwürdigen, zum Teil langschwänzigen Zahnvögel aus dem Mittelalter der Erde erhalten. Gleichwohl ist das Gesamtgepräge der Vogelwelt Australiens das altertümlichste, das wir kennen. Wir haben ja auch zu bedenken, dafs

die früheren Vogelformen, die sich auf den grofsen aufseraustralischen Festlandmassen entwickelten, immer erst längerer Zeit bedurften, um sich bis nach Australien zu verbreiten. Denn die Vögel sind, wie die Zugvögel beweisen, heimatliebende Tiere, die nicht leicht fremde Gegenden besiedeln. Australien konnte deshalb auch in der Entwickelung seiner Vogelwelt keinen Schritt mit den gröfseren Erdteilen halten, trottete gewissermafsen hinter ihnen her. Dementsprechend vermissen wir in Australien Vogelgruppen, die wir in allen andern Erdteilen antreffen. Dahin gehören die Spechte, die echten Finken, die Geier. Andere Vogelgruppen sind nur durch wenige Arten in Australien vertreten, so die eigentlichen Raben. Noch andere weisen dort höchst kuriose Formen auf, die wir anderswo nicht finden, und mit denen man nicht recht etwas anzufangen weifs. Ein solcher Vogel ist der Leierschwanz, ein Verwandter der Singvögel, aber so abweichend gebaut, dafs er schon zu den Hühnervögeln gerechnet worden ist. Nach alledem werden wir uns nicht darüber wundern, in Australien auch Vögel mit höchst eigentümlichen Lebensgewohnheiten zu finden. Vor allen sind hier die Wallnister und Laubenvögel zu nennen. Die Wallnister sind Hühnervögel, die sich nicht blofs vor ihren Verwandten, sondern vor allen andern Vögeln überhaupt dadurch auszeichnen, dafs sie nicht brüten. Aus moderndem Laube und dergleichen führen die Männchen unter ihnen grofse Hügel auf, die oft viele Meter im Durchmesser haben und manchmal mehrere Meter hoch sind. Dahinein graben ihre Erbauer Löcher, in die die Weibchen die Eier versenken. Durch die im Bruthügel herrschende Gärungswärme werden die Eier gezeitigt. Ihnen entschlüpfen Junge, die schon fast flügge sind. Elterlicher Fürsorge bedürfen sie nur wenige Tage lang, und der Vater, nicht die Mutter ist es, der sie ihnen zu teil werden läfst. Der Vater hat auch den Bruthügel überwacht, namentlich für dessen Durchlüftung gesorgt, um die Gärungswärme in ihm nicht zu hohe Grade erreichen zu lassen. Die Wallnister tragen ein fremdartiges Gepräge, weshalb wir wohl annehmen dürfen, dafs sie altertümliche Geschöpfe sind. Dazu würde nun ihre eigentümliche Brutpflege gut stimmen. Denn die ältesten Vögel der Erde werden ihre Eier kaum selbst bebrütet haben, da die Vögel höchst wahrscheinlich von eidechsenartigen Kriechtieren abstammen, die natürlich nicht brüteten. Ehe die Urvögel aber zum Selbstbrüten übergingen, mufsten sie sich ihrer Eier auf irgend eine Weise annehmen, und dazu erscheint eine Brutpflege, wie wir sie bei den Wallnistern finden, wohl geeignet. Somit führen uns diese sonder-

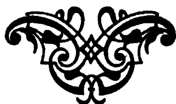
baren Hühnervögel wohl zweifellos eine der ältesten Formen der Brutpflege bei den Vögeln vor, eine Art der Fürsorge für die Nachkommenschaft, die einst bei allen Vögeln der Erde herrschend war. Was wir über die sonderbaren Gewohnheiten der schon erwähnten Laubenvögel zu sagen haben, wird freilich anders zu deuten sein. Diese Geschöpfe — Tiere etwa von Drosselgröfse — führen aufser ihren Nestern laubenartige Bauten auf, die sie mit Steinen, Muschel- und Schneckenschalen, kleinen gebleichten Knochen, Vogelfedern, Blättern und Blüten ausschmücken, um darin Hochzeitstänze aufzuführen. Ein Laubenvogel Neuguineas legt vor seiner Laube einen förmlichen Garten aus grünem Moose an, das er von Zeit zu Zeit mit frischen, lebhaft gefärbten Blumen schmückt. Solchen Geschöpfen können wir ein Vergnügen am Schönen und damit eine ziemlich hohe Entwickelungsstufe wohl kaum absprechen. Dennoch können uns solche Vorkommnisse in Australien nicht befremden; in einem Lande, dem erdbewohnende Tagraubtiere völlig fehlen, konnten Vögel mit so auffälligen Gewohnheiten entstehen. Und deshalb dürfen wir uns auch nicht darüber wundern, dafs ein Teil Australiens, Neuguinea, die Heimat der wundervollen Paradiesvögel ist. Die Paradiesvögel sind ziemlich nahe Verwandte unserer Raben und Krähen. Geistig werden sie von diesen zwar weit übertroffen, aber in den dichten, an Raubtieren und Nestplünderern armen Urwäldern der grofsen Insel konnten sie sich in die bald barocken, bald entzückenden, meistens farbenprächtigen, immer auffälligen, aber in den dichten Laubkronen der Urwaldbäume leicht versteckbaren Gefiedertrachten kleiden, die wir an ihnen bewundern. Im Frieden der Urwälder Neuguineas, das eine ungestörte Entwickelung durchlaufen hat, konnten sich solche märchenhaften Vogelformen entwickeln. Für die übrigen Länder taugten Rabenvögel mit schlichten Kleidern besser.

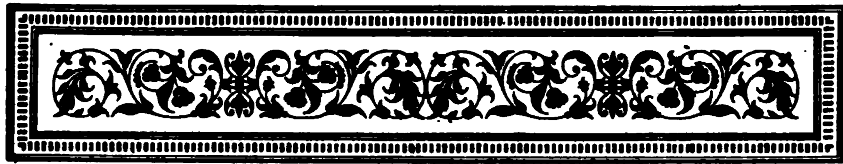
Neuguinea steht in Bezug auf die Höhe der Anzahl schöner Vögel unter allen Ländern der Erde obenan. Einem anderen australischen Inselgebiete gebührt aber die Palme, was Absonderlichkeit der Vogelformen anlangt. Das ist Neuseeland, das von allen Teilen Australiens die altertümlichste Tierwelt hat. An der Säugetierschöpfung hat es kaum einen Anteil gehabt. Denn der Haushund und die Ratte, die seine Entdecker dort vorfanden, sind sicher von den Eingeborenen, den Maoris, nach Neuseeland gebracht worden, und die Vorfahren der wenigen Fledermausarten Neuseelands sind durch die Luft dorthin gelangt. Indessen soll ein paarmal ein äufserlich fischotterähnliches Tier auf Neuseeland beobachtet worden sein.

Das wäre dann aber das einzige ureingesessene Säugetier der Inselgruppe und würde dadurch nur beweisen, dafs diese sich schon zu einer Zeit von der übrigen Erde getrennt hat, als es noch äufserst wenig Säugetiere gab. Denn davon, dafs solche dort nicht leben könnten, kann keine Rede sein. Sind doch Schweine und Kaninchen in grofser Menge auf Neuseeland verwildert! Somit hat dieses Land gewifs die altertümlichste Tierwelt der Erde, und hierfür legen seine Vögel beredtes Zeugnis ab. Zeigt die Vogelwelt Neuseelands schon im allgemeinen geringe Verwandtschaft selbst mit der übrigen australischen — und das spricht für ihr hohes Alter, denn nahe Verwandtschaft mit den Vögeln der übrigen Erde würde zeigen, dafs sich die Vögel Neuseelands Hand in Hand mit diesen entwickelt haben —, so weist sie im besonderen eine recht beträchtliche Anzahl der sonderbarsten Vogelformen auf. Von allen die merkwürdigste ist ein kleiner Strandläufer, dessen Schnabel schief, d. h. nach einer Seite hin umgebogen, nicht etwa auf- oder abwärts gekrümmt ist — ein Fall, ganz einzig in seiner Art, dessen Merkwürdigkeit noch dadurch erhöht wird, dafs auch das Gefieder dieses Vogels auf der einen Körperseite anders aussieht als auf der andern. Altertümliche und absonderliche Vögel zugleich sind die Kiwis, die man früher für Verwandte der Straufse hielt, neuerdings aber, gleich ihren Vettern, den riesigen ausgestorbenen Moas Neuseelands, als Hühnervögel erkannt hat. Die Kiwis haben bekanntlich so winzige Flügel, dass die Vögel äusserlich völlig flügellos erscheinen, und damit kommen wir auf eine andere Eigentümlichkeit der neuseeländischen Vogelwelt: Nirgends giebt es so viele Vögel mit verkümmerten, flugunfähigen Flügeln wie hier, was bei der überhaupt geringen Anzahl der Vogelarten Neuseelands ganz besonders auffallen mufs. Zu den vier Arten von Kiwis kommen als flugunfähige Vögel nämlich die zahlreichen, von den Eingeborenen ausgerotteten Arten der Moas, ferner ein Purpurhuhn und eine Ralle, endlich der merkwürdige Eulenpapagei, ein Vogel mit nächtlicher Lebensweise. Aber zu verwundern ist es nicht, dafs es auf Neuseeland so viele flugunfähige Vögel giebt; denn die wenigen Raubvögel der Inselgruppe — andere Raubtiere giebt es dort nicht — konnten das friedliche Dasein der meisten ihrer Bewohner nicht stören, weshalb die Flügel mancher Vogelarten dort verkümmern konnten. Lange, ungeheuer lange wird es freilich gedauert haben, ehe die Flügel der Kiwis so klein wurden, wie sie heute sind, denn die Verkümmerung nutzlos gewordener Organe geht, wie wir aus vielen Thatsachen schliefsen müssen, äufserst langsam von statten. So zeugen auch die flugun-

fähigen Vögel Neuseelands für die lange Zeit, die das Land auf sich selbst angewiesen war. Bei seiner Kleinheit konnte es aber seiner Tierwelt nur geringfügige Anstöfse zur Fortentwickelung geben.

Auf Neuseeland lebt ein Reptil, die Tuatara, äufserlich eidechsenähnlich, das in keine Abteilung der heutigen Kriechtiere hineinpafst, und in Neuholland ein Fisch, der Baramunda, von dem Ähnliches gilt. Aber lange, ehe die Morgenröte der Neuzeit der Erde dämmerte, lebten auch bei uns und anderswo solche Reptilien und Fische. Somit hätten wir auch unter den Kaltblütern Australiens beredte Zeugen für die uralte Sonderstellung, die der Erdteil lebender Fossilien unter den grofsen Hauptgebieten der Erde einnimmt.





Die Entdeckungen der Portugiesen im 15. Jahrhundert und die Auffindung des Seeweges nach Ostindien durch Vasco da Gama.

Von Dr. Otto Schlüter in Berlin.

Am 20. Mai dieses Jahres war zum vierhundertsten Male der Tag wiedergekehrt, an welchem Vasco da Gama mit seinem kleinen Geschwader vor Kalikut an der Malabarküste erschien, sechs Jahre nachdem im Westen für Europa eine neue Welt entdeckt worden war. In ihrer Bedeutung für die Zukunft halten sich die That des Kolumbus und die Entdeckung des Seeweges nach Ostindien annähernd das Gleichgewicht; nach Art und Ursache sind sie sehr von einander verschieden. Hatte den Genuesen ein geniales Schauen quer über den Ozean einen nie befahrenen Weg geführt, so vollendete Vasco da Gama nur das, was lange vor ihm begonnen und schon zur Hälfte ausgeführt war, ehe er seine Reise antrat. Dort ist es das Werk eines einzelnen Mannes, hier die achtzigjährige Arbeit eines Volkes. Die Entdeckungen der Portugiesen bilden vom Anfang bis zum Schlufs ein Ganzes und können nur im Zusammenhange betrachtet werden.

Der Eintritt in die Neuzeit ist einer der bedeutendsten und anziehendsten Abschnitte der Weltgeschichte. Neues Leben regt sich auf allen Gebieten, überall herrscht Lust am Dasein, Schaffensfreude und Schaffenskraft; recht aus der Stimmung der Zeit heraus ruft Ulrich von Hutten: „die Geister erwachen, die Studien blühen; es ist eine Lust zu leben!“

Zum grofsen Teil ist dieser Aufschwung eine Folge der überseeischen Entdeckungen, welche das Zeitalter einleiteten; ja, man kann vielleicht sagen, dafs sie mit ihrer plötzlichen unermefslichen Erweiterung der bekannten Erde gerade für die Grundstimmung der Zeit das Ausschlaggebende gewesen seien.

Nicht unvermittelt war der Wechsel, so rasch er sich auch vollzog; weit zurück ins Mittelalter hinein reichen die Wurzeln der neuzeitlichen Entwickelung.

Zunächst war es eine langsame Umbildung der Scholastik, welche dem neuen Geistesleben den Boden bereitete. Im früheren Mittelalter hatte die Theologie das Denken völlig beherrscht, dessen freien Flug überdies ein blinder Autoritätsglaube hemmte. Die gesamte Wissenschaft bekam einen durchaus deduktiven Charakter, während die Erfahrungswissenschaften, die geistige Beschäftigung mit der Natur gänzlich darniederlagen. Darin trat allmählich eine Wandlung ein. In den Arabern hatte man ein Volk mit lebhaftem Natursinn kennen gelernt; man war durch ihre Vermittelung wieder mit den Schriften der Griechen, mit den Werken des Aristoteles und des Ptolemäus, vertraut geworden. Beides mufste mit der Zeit eine Reaktion gegen die christliche Philosophie hervorrufen, wie sie noch stets auf allzu abstrakte und allzu weltfremde Anschauungen gefolgt ist. Nicht nur, dafs einzelne Männer, unter denen die merkwürdige Gestalt des englischen Franziskanermönches Roger Bacon hervorragt, sich wieder den Erfahrungswissenschaften zuwandten; mehr und mehr brachen sich auch die Ansichten des Nominalismus Bahn, welcher, den platonischen Gedanken von der Realität der Begriffe (Ideen) verwerfend, in den Einzeldingen das allein Wirkliche erblickte. Solche Lehren mufsten, je mehr sie durchdrangen, in weiten Kreisen die Aufmerksamkeit immer entschiedener wieder auf die Natur lenken und die Neigung zu wissenschaftlicher Beobachtung und induktiver Forschung von neuem erwecken.

Etwas Anderes kam hinzu, die Lust zu geographischen Reisen und Entdeckungen rege werden zu lassen. Als im 13. Jahrhundert die Mongolen unter Tschinggis Chân ihr grofses Reich aufrichteten, suchten sie die Verbindung mit dem Abendlande. Und das ging bereitwillig darauf ein; denn einmal hoffte man, unmittelbare Handelsverbindungen mit dem asiatischen Osten anknüpfen zu können, und sodann schien sich bei der religiösen Duldsamkeit der Mongolen, die aber in Wahrheit nur Gleichgiltigkeit war, hier ein weites Feld für die christliche Mission zu öffnen. Die grofsen Reisen, welche zu jener Zeit nach dem inneren Asien hin gemacht wurden, wie die des Franziskaners Wilhelm Rubruk und mehr noch die der Poli, erweiterten das Wissen von der Erde bedeutend und wirkten gewaltig auf die Einbildungskraft. Namentlich die Schilderungen, welche Marco Polo von China und seinem Reichtum entwarf, von seinem Menschengewimmel und seinen glänzenden Millionenstädten, liefsen dieses Land mit seiner Hauptstadt Quinsay zum Gegenstand eines

sehnsüchtigen Verlangens werden, das sich bei Kolumbus später in die That umsetzte.

Stärker jedoch als alles dieses, weit stärker auch als die Erfindung des Kompasses, die hierbei nur eine untergeordnete Rolle spielt, wirkte die damalige Lage des Welthandels auf überseeische Entdeckungen hin.

Schon im Altertum hatten Handelsbeziehungen zwischen Indien und den Mittelmeerländern bestanden, welche sogar mehrfach den Plan eines Verbindungskanales vom Mittelmeer zum Roten Meer auftauchen und zeitweilig zur Ausführung gelangen liefsen. Die abendländische Welt bedurfte des Morgenlandes, dessen tropische Vegetation ihr Spezereien und Gewürze in reicher Menge lieferte. Aber die neue Macht des Islam, die sich an den Gestaden des Mittelmeeres ausbreitete und in Egypten festen Fufs fafste, sperrte mit ihrem Glaubensfanatismus das Morgenland für das christliche Europa ganz und gar ab. Der unmittelbare Verkehr zwischen dem Westen und dem Osten hörte auf, und die Araber bemächtigten sich des gesamten indisch-europäischen Handels. War es schon an sich im höchsten Grade peinlich für die christliche Welt, in einer so wichtigen Sache völlig von der Vermittelung der Muhammedaner abhängig zu sein, so wurde die wirtschaftliche Gefahr noch ernster durch die riesigen Durchgangszölle, durch welche die Mamelucken den Preis der Waren auf das Dreifache, ja Fünffache steigerten. Doch gab es keine andere, gleich brauchbare Strafse nach Indien. Der Landweg über Mesopotamien diente wohl zur Beförderung gewisser Gewürze, die eine lange Seefahrt nicht vertrugen, konnte aber keinen vollgiltigen Ersatz für die kürzeste, allein naturgemäfse Verbindung durch das Rote Meer gewähren. Nach wie vor ging der Hauptstrom des morgenländischen Handels über Egypten trotz wiederholter päpstlicher Verbote und trotz der grofsen Unannehmlichkeiten, die es mit sich brachte. Es wurde nachgerade eine Notwendigkeit, dafs ein anderer Weg nach Indien gefunden wurde.

Sobald das Problem eines Seeweges nach Ostindien gestellt war, begann die Rolle der westeuropäischen Völker. Portugal schien durch seine vorgeschobene Lage am meisten zur Lösung der Aufgabe berufen. Doch nicht immer wird der geographische Beruf von einem Volk erkannt, nicht immer sind auch die Bedingungen für seine Erfüllung gegeben. Bei Portugal trafen verschiedene Umstände zusammen, welche die Erfüllung der Aufgabe begünstigten.

Früher als Spanien, das noch immer durch seine Kämpfe mit den Arabern von äufseren Unternehmungen abgehalten wurde, war es der Mauren Herr geworden und hatte zu Beginn des 15. Jahr-

hunderts seinen Fufs bereits auf afrikanischen Boden gesetzt. Zudem war es seit einiger Zeit in den Seeverkehr eingetreten, nachdem die italienischen Kauffahrer begonnen hatten, ihren Weg nach Flandern durch die Meerenge von Gibraltar zu nehmen und den bis dahin öden atlantischen Ozean zu beleben. Und schliefslich erstand ihm — das war das Entscheidende — im rechten Augenblick der Mann, der, seiner Zeit weit vorauseilend, das grofse Werk der Entdeckungen zuerst in Angriff nahm und durch mehr als 40jährige rastlose Arbeit die Bahnen so bestimmt vorzeichnete, dafs alle späteren ihnen nur nachzugehen brauchten.

Prinz Heinrich der Seefahrer ist hier der eigentliche Bahnbrecher, und er ist der Schöpfer der portugiesischen Gröfse. Obschon er selbst niemals an den Entdeckungsfahrten teilgenommen hat, war er dennoch der alleinige Urheber der Unternehmungen. Er plante die Expeditionen, er rüstete sie aus, er zog die Erkundigungen ein und verfuhr darin mit einem Eifer und einer Umsicht, dafs er oft schon den Entdeckern vorher sagen konnte, was sie finden würden.

Dafs ihm gleich von Anfang an deutlich das Ziel eines Seeweges nach Ostindien vorgeschwebt habe, ist nicht wohl anzunehmen. Als sich der junge Prinz 1415 in Ceuta durch seltene Tapferkeit die Sporen verdiente, hörte er hier von den grofsen afrikanischen Reichen von „Melli“ und „Guinea“, und diese Kunde weckte in ihm den Wunsch, jene Gegenden zur See zu erreichen, um seinem Vaterlande neue Handelsverbindungen zu schaffen. Je weiter aber die portugiesischen Karavelen vordrangen, desto mehr erweiterte sich das Streben, desto bestimmter richtete es sich auf Indien und das Land des Erzpriesters Johannes (Habesch).

Man mufs sich die Schwierigkeiten vergegenwärtigen, welche dem ganzen Plan, auch nur der Fahrten in südlichere Breiten, entgegenstanden, um den rechten Mafsstab für die Beurteilung des Prinzen zu gewinnen.

Sein Unternehmen hatte die ganze, damals so ungeheuer schwerwiegende Autorität des Aristoteles, des Ptolemäus und überhaupt des gesamten klassischen Altertums gegen sich. Als unumstöfslich galt im Altertum und Mittelalter die Lehre, dafs nur die gemäfsigte Zone bewachsen und bewohnt sei, die beiden anderen aber, die arktische wegen ihrer Kälte, die tropische der Hitze wegen ewig unbewohnbar bleiben müfsten. So fest stand dieses Dogma, dafs auch die Araber es nicht aufgaben, obgleich sie selbst an der ostafrikanischen Küste Niederlassungen in tropischen Breiten besafsen.

Da gab es ferner das Märchen von einem Dunkelmeer, das im

Süden liegen sollte. Wohl veranlafst durch die Nebel an der Nordwestküste Afrikas, die wiederum in dem Auftrieb des kalten Tiefseewassers ihre Ursache haben, war die Sage entstanden, nach Süden hin nähme die Finsternis immer mehr zu, gleichzeitig würde das Meer dichter und dichter und zuletzt so zähflüssig, dafs die Schiffe darin stecken blieben.

Und abermals stand dem Plan das Ansehen des Ptolemäus entgegen, welcher den Zusammenhang zwischen Atlantischem und Indischem Ozean geleugnet und diesen durch eine unglückliche Verlängerung des afrikanischen Osthornes bis zur Halbinsel Malakka zu einem zweiten Mittelmeer eingeengt hatte. So stellten auch später fast alle Karten das afrikanische Festland dar; doch scheint der Infant im Besitz eines anderen Blattes gewesen zu sein, auf welchem die Umrisse Afrikas, wohl mehr zufällig, der Wahrheit näher kamen.

Was sich aber gerade zu Anfang als Hindernis besonders fühlbar machen mufste, war die geringe Seetüchtigkeit der Portugiesen und die volle Verständnislosigkeit, mit welcher das Volk damals noch den Gedanken Don Enriques begegnete.

Doch dessen Genius, sein zielsicheres Wollen, seine nie ermüdende Ausdauer überwanden zuletzt alle Hemmnisse. Wie Diniz Dias im Jahre 1445 die Lehre von der Unbewohnbarkeit der Tropen durch die Entdeckung des „Grünen Vorgebirges" für immer widerlegte, so gab später der Vollender des portugiesischen Werkes, Vasco da Gama, dem afrikanischen Festlande seine rechte Gestalt und dem indischen Meere den Rang eines Ozeans zurück.

Im Seewesen aber machten die Portugiesen noch zu Lebzeiten des Prinzen die gröfsten Fortschritte. Anfangs schien es, als ob der ganze Plan an der Unmöglichkeit, am Kap Bojador vorbeizukommen, scheitern sollte. Das an dieser Stelle 6 Leguas weit vorspringende Riff dünkte den Seefahrern unüberwindlich, und es gehörte die ganze unerbittliche Zähigkeit des Infanten dazu, den gefafsten Vorsatz unter diesen Verhältnissen durchzuführen. Erst nach beinahe 20jährigen Bemühungen kam der Erfolg. 1434 umsegelte Gil Eannes das gefürchtete Kap, das fortan keine Schwierigkeiten mehr bot; und nun ging's in raschem Schritt weiter. Als Heinrich der Seefahrer, 67 Jahre alt, am 13. November 1460 starb, war die Küste Afrikas bis zum 8. Grade nördlicher Breite aufgedeckt, und die Portugiesen standen im Rufe, die besten Segler der Welt zu sein.

Mit dem Infanten war die treibende Kraft des Unternehmens verschwunden. Wohl wurden die Fahrten zuerst noch fortgesetzt, wohl erfüllte dann nachher der Grofskaufmann Fernão Gomez, an

welchen der Guinea-Handel verpachtet worden war, seinen Vertrag getreulich, indem er jedes Jahr die afrikanische Küste um eine bestimmte Strecke weiter erkunden liefs; aber es fehlte unter der Regierung Alfonso's V der rechte Eifer. Erst der grofse König João II (1481—1495) nahm sich des Werkes wieder an und führte es im Geiste des Prinzen Heinrich weiter.



Prinz Heinrich der Seefahrer,
geb. am 4. März 1394, gest. am 13. November 1460.

Auf zwei Fahrten, auf deren einer ihn der deutsche Ritter Martin Behaim als Kosmograph begleitete, drang Diogo Cão anfangs der achtziger Jahre bis über den 21. Grad südlicher Breite vor. 1487 folgte die bedeutungsvolle Reise des Bartolomeo Dias. In der Höhe des Kaps von Stürmen verschlagen, suchte er durch östlichen Kurs die Küste wieder zu gewinnen, merkte dann aber, dafs hier kein Festland mehr zu finden wäre. Als er deshalb nordwärts steuerte, erreichte er nach einiger Zeit das Gestade des Kaplandes, und jetzt war es offenbar, dafs man das Südende von Afrika gefunden hatte. So gern Dias in begreiflicher Entdeckungslust die Küste weiter ver-

folgt hätte, um zu sehen, ob sie nicht wieder nach Norden umböge, so zwangen ihn doch die Umstände nach wenigen Tagen zur Umkehr. Auf der Rückfahrt entdeckte er dann das umschiffte Vorgebirge selbst, dessen Namen „Kap der Stürme“ König João in froher Zuversicht in den eines „Kap der guten Hoffnung“ umwandelte.

Die Ergebnisse dieser Expedition trafen aufs glücklichste mit den Nachrichten zusammen, welche auf anderem Wege Pedro de Covilhão beigebracht hatte. 1487 war dieser mit einem Begleiter ausgesandt worden, um zu Lande nach Indien vorzudringen. Er besuchte die Malabarküste und die Ostküste Afrikas, deren wahren Verlauf er im grofsen feststellte, in Übereinstimmung mit dem schon 1459 erschienenen Weltbilde des Fra Mauro. So war denn die Frage des Seeweges nach Ostindien vollauf geklärt, der Weg bestimmt vorgezeichnet.

Wenn trotzdem nicht sogleich an die Ausführung gegangen wurde, so lag der Grund dafür in den erheblichen Schwierigkeiten, die eine, voraussichtlich mindestens zwei Jahre dauernde, Fahrt nach Indien denn doch noch immer trotz aller Vorarbeiten bot. Auch glaubte man nicht, dafs die afrikanische Ostküste so einfach verliefe, wie sie es wirklich thut. Ein Rest ptolemäischer Anschauung hatte sich immer noch erhalten: das Südende Afrikas glaubte man nach Osten umgebogen zu finden. So kam es, dafs König João mit dem letzten Schritt zögerte. Er selbst ist darüber gestorben, und erst sein Nachfolger Manoel (1495—1521), den wir den Grofsen, die Portugiesen aber treffender den Glücklichen nennen, erntete die Früchte der Arbeit seines Vorgängers.

Vasco da Gáma, dem es vorbehalten war, das Werk der Portugiesen zum Abschlufs zu bringen, war 28 Jahre alt, als er seine Reise antrat. Nur bei einer Gelegenheit war er bis dahin hervorgetreten, hatte aber dabei Entschlossenheit und diplomatisches Geschick in hervorragendem Mafse offenbart. Rücksichtslos durchgreifender Wille, der gelegentlich selbst vor Grausamkeiten nicht zurückschreckt, zeigte sich auch später überall als Grundzug seines Wesens.

Das Geschwader der Expedition bestand aus vier Schiffen, denen sich bis zu den Inseln des Grünen Vorgebirges noch die Karavele des Bartolomeo Dias anschlofs. Zwei dieser Schiffe, das Admiralschiff „S. Gabriel“ und der „S. Rafael“, den Vascos Bruder Paolo da Gama befehligte, waren gröfsere, besonders kräftige Schiffe von 100 bis 150 Tonnen Raumgehalt und geringem Tiefgang, sogenannte Nauen oder Balenceren. Das dritte, der „Berrio“, war eine Karavele, wie sie meistens bei den Entdeckungsfahrten verwandt

wurden. Als viertes war der Expedition ein Proviantschiff mitgegeben, das an der Küste des Kaplandes zerstört werden sollte. Die Bemannung zählte 148 Köpfe.

Am 8. Juli 1497 brach die kleine Flotte von Rastello (heute: Belem) bei Lissabon auf. Hinter den kanarischen Inseln kam sie durch einen Sturm auseinander, um sich dann bei Santiago in der Kapverdengruppe wieder zu sammeln. Der Admiral schlug hierauf einen südwestlichen Kurs ein; er wollte den Windstillen und den widrigen Strömungen des Guinea-Golfes nach Möglichkeit ausweichen. Man näherte sich dabei beträchtlich der Küste von Brasilien, das drei Jahre später auf diesem Wege durch Cabral wirklich entdeckt wurde. Am 3. August hatte Gama Santiago verlassen, und erst am 8. November landete er in der St. Helenabucht, in der Nähe des Kaps, nachdem wenige Tage vorher zum ersten Male Land in Sicht gekommen war. Es war die längste Fahrt auf hoher See, die bis dahin ausgeführt worden war, eine Fahrt, die, rein technisch betrachtet, derjenigen des Kolumbus entschieden vorgezogen zu werden verdient.

Von der St. Helenabucht an hielt sich das Geschwader mehr an der Küste, weil jetzt das unbekannte Gebiet begann. Die Umfahrung des Kaps machte einige Schwierigkeiten und verursachte einen Zeitverlust von mehreren Tagen. In der Mosselbucht wurde längere Rast gemacht, eine zweite in der Algoabai. Von hier aus weiter segelnd, machten die Portugiesen Bekanntschaft mit der Mozambique-Strömung, die sie wieder nach der Algoabai zurückführte, während sie schon 60 Leguas weiter zu sein glaubten. Mit einem starken Wind im Rücken wurde in drei bis vier Tagen die Strömung überwunden, dann am 25. Dezember das „Weihnachtsland“ Natal entdeckt; am 24. Januar 1498 fand man die Mündung eines grofsen Stromes: es war der Sambesi. Hier wurde wieder ein längerer Aufenthalt genommen.

Hatten die Seefahrer bisher nur mit Buschmännern, Hottentotten und Negern zu thun gehabt, die ohne jede Berührung mit einer höheren Kultur zu sein schienen, so begannen sich jetzt die ersten Spuren arabischen Einflusses zu zeigen. Die Negerhäuptlinge trugen hier seidene Turbane und Atlaskappen, sie begannen einen Tauschhandel mit wertvollen Tüchern, und die Portugiesen machten hier zum ersten Male die Erfahrung, die sich noch oft wiederholen sollte, dafs die europäischen Waren im Morgenlande nicht begehrt wurden. Die Orientalen fragten immer nur nach Gold, Silber und Scharlach.

Am 1. März wurde Mozambique erreicht, die erste arabische Niederlassung. Die Muhammedaner hielten Vasco da Gamo und seine Leute anfangs für Türken und kamen ihnen freundlich ent-

gegen. Nachdem sie aber ihres Irrtums inne geworden waren und in den Fremden Anhänger des verhafsten christlichen Glaubens erkannt hatten, suchten sie sich ihrer durch Gewalt und Verrat zu entledigen; jedoch ohne Erfolg. Auch weiterhin hatte Vasco da Gama unter den Feindseligkeiten der Araber zu leiden, denen er in Quiloa (Kilwa) und Mombas nur durch einen Zufall entging, bis er schliefslich in Melinde eine gastliche Aufnahme fand. Hier wurde ihm ein kundiger Lotse zugeteilt, unter dessen Führung das Geschwader, vor dem Südwest-Monsun segelnd, ohne weiteren Zwischenfall am 20. Mai 1498 die Malabarküste bei Kalikut erreichte. Vasco da Gama suchte hier mit nicht eben grofsem Erfolge Handelsverbindungen anzuknüpfen und segelte dann, ohne den Nordost-Monsun abzuwarten, wieder der Heimat zu. Die Überfahrt nach Afrika dauerte infolgedessen sehr lange, während die weitere Reise glatt von statten ging. Nach zweijähriger Abwesenheit kehrte der Admiral am 29. September 1499 wieder nach Lissabon zurück.

Das grofse Ziel war erreicht; der so lange gesuchte Seeweg nach Ostindien war entdeckt. Man kann sagen, es war die höchste Zeit, dafs er gefunden wurde. Kaum zwei Jahrzehnte später setzten sich die Osmanen in Egypten fest und durchschnitten an dieser Stelle jegliches Band zwischen Europa und dem Morgenlande. Das rote Meer verödete ganz und gar, bis es im letzten Drittel des vergangenen Jahrhunderts auf Anregung Karsten Niebuhrs von den Engländern zuerst wieder als Weg nach Indien benutzt wurde. Die Versuche der Holländer und Briten, Asien und Amerika im Norden zu umfahren, mifslangen und würden auch nie den gewünschten Erfolg gehabt haben. So blieb denn Europa lange Zeit allein auf den von Vasco da Gama zuerst befahrenen Weg angewiesen.

Die Portugiesen selbst haben nicht lange die Früchte ihrer Entdeckung genossen. Gleich nach Vasco da Gamas Rückkehr machten sie sich daran, den indischen Handel nun auch wirklich in ihre Hand zu bekommen. Es handelte sich zunächst darum, den Einflufs der Araber zu beseitigen, die in richtiger Erkenntnis der drohenden Gefahr dem portugiesischen Admiral auf Schritt und Tritt sich entgegenstellten. Dieser selbst brach mit seiner schon oft gezeigten Energie die Macht der Muhammedaner bei einer zweiten Fahrt vollständig, freilich nicht ohne seinen Namen durch unnötige Grausamkeiten zu beflecken. Zwanzig Jahre später, als nach dem Tode des genialen Albuquerque schwere Schäden in der indischen Verwaltung ausgebrochen waren, fuhr dann Vasco da Gama zum dritten Male nach dem Morgenland. Binnen kurzem führte er als Vizekönig

mit grofser Entschiedenheit und härtester, aber auch gerechtester Strenge eine wesentliche Besserung in den Zuständen herbei; er starb indessen schon nach wenigen Monaten am 24. Dezember 1524. Im Jahre 1581 wurde Portugal ein Teil Spaniens, und seine Besitzungen fielen in der Folge den Feinden dieses Landes zu, den Engländern und Niederländern.

Die germanischen Völker haben hier wie in der Neuen Welt die räumliche Erweiterung für sich und für ganz Europa erst dauernd nutzbar gemacht. Aber nicht in dem vorübergehenden Glanz, den sie ihren Ländern verliehen haben, liegt die weltgeschichtliche Bedeutung der portugiesischen und spanischen Entdeckungen, sondern in der Schaffung neuer Absatzgebiete für den Handel, in der Anbahnung eines Weltverkehrs, in der gewaltigen Erweiterung des geographischen Gesichtskreises mit allen den unermefslichen Folgen, die sich hieraus für das ganze neuzeitliche Denken und Fühlen ergeben. Die Entdeckungen haben das vorbereitet, was der Neuzeit mehr als alles andere ihr eigentümliches Gepräge aufdrückt: die Schaffung eines Weltverkehrs und einer in allen Teilen zusammenhängenden Weltgeschichte im Gegensatz zu den einzelnen, vorher getrennt nebeneinanderlaufenden, Geschichtsentwickelungen.

Die Art der Teilnahme an dem grofsen Werke war bei Spaniern und Portugiesen sehr verschieden. Dort war es die eine That des Kolumbus, die an Genialität die Fahrt Vasco da Gamas weit hinter sich läfst, und deren Wirkungen, wenn sie auch nicht gröfser sind, doch mehr ins Auge fallen. Aber gerade der Erfolg, welcher Kolumbus volkstümlich gemacht hat, die Entdeckung eines neuen Erdteiles, trübt das Urteil über die Leistung des Genuesers, weil er die Folge einer Kette von Irrtümern und Zufällen war. Die portugiesischen Entdeckungen sind wenig durch Zufall gefördert; sie entwickeln sich vom Anfang bis zum Ende völlig folgerecht und zeigen das erhebende Bild der planvollsten, zielsichersten Verfolgung eines grofsen Gedankens nicht durch einen einzelnen Menschen, sondern durch ein ganzes Volk während der Dauer eines Jahrhunderts. Es kommt hinzu, dafs die Portugiesen den Anfang gemacht haben, ohne den auch des Kolumbus That nicht möglich gewesen wäre, und dafs sie zuerst auf geographischem Gebiete das Denken aus dem Banne der Autorität befreiten. Durch beides haben sie entscheidend mitgewirkt an der Heraufführung einer neuen Zeit mit reicherem Leben und freierem, weiterem Denken; und wenn man der Männer gedenkt, welche die neue Geisteswelt geschaffen oder vorbereitet haben, so sollte man unter den ersten immer den Urheber der Entdeckungen, Heinrich den Seefahrer, nennen.



Über den Einflufs des Druckes auf die Emissionsspektra der Elemente sind kürzlich hochwichtige Experimental-Untersuchungen an der John Hopkins-Universität durch Humphreys zu Ende geführt worden.[1]) Während man bisher nach Zöllners Entwickelungen nur wufste, dafs erhöhter Druck eines glühenden Gases eine oft unsymmetrische Verbreiterung der Spektrallinien hervorrufen mufs, ist durch Humphreys Experimente nun festgestelt worden, dafs ganz unabhängig von dieser Verbreiterung auch noch eine Linienverschiebung durch Druckänderungen herbeigeführt wird, und zwar ist diese letztere nicht, wie die Verbreiterung, von dem Partialdruck des betreffenden Gases abhängig, sondern einfach dem Gesamtdruck proportional. Zunahme des Drucks — Humphreys experimentierte mit Drucken von einer bis zu vierzehn Atmosphären — bewirkt bei allen einzelnen Linien eine Verschiebung nach dem roten Ende des Spektrums hin; nur Bandenlinien (z. B. diejenigen des Cyans) zeigten keine wahrnehmbare Verrückung. Die Verschiebungen zusammengehöriger Linien eines Elementes waren den Wellenlängen proportional, jedoch verhielten sich die Verschiebungen der Hauptreihen zu denjenigen der ersten und zweiten Nebenreihen angenähert wie 1 : 2 : 4. Die Linien verschiedener Elemente zeigten sich zwar sehr ungleich verschoben, doch liefsen sich gewisse Beziehungen zwischen der Gröfse der Verschiebung, dem Ausdehnungskoeffizienten und den Atomgewichten ableiten. Die stärksten Verschiebungen der Spektrallinien zeigten diejenigen Elemente, die sich im festen Zustande am meisten durch Wärme ausdehnen, obgleich die Linienverschiebung selbst von der Temperatur völlig unabhängig zu sein schien. Der Zusammenhang mit den Atomgewichten ist derart, dafs die Verschiebung bei ähnlichen Linien eine periodische Funktion dieser Zahlen ist, sodafs sich auch ein Zusammenhang mit dem periodischem Systeme der Elemente zu erkennen giebt.

Wenn auch die theoretische Erklärung dieses eigenartigen Verhaltens der Spektrallinien noch nicht angegeben werden kann (obwohl Humphreys selbst einige Vermutungen in dieser Richtung aus-

[1]) Ausführlich publiziert im Astrophysical-Journal, Oktober 1897.

spricht), so ist doch zweifellos die Entdeckung von der gröfsten Bedeutung, dafs die Wellenlängen, die man bisher, abgesehen von den scheinbaren Veränderungen auf Grund des Dopplerschen Prinzips, für völlig konstant ansah, auch reelle, vom Druck abhängige Änderungen erfahren können.

Bei der Fülle wichtiger Schlufsfolgerungen, die man seit einiger Zeit aus den beobachteten Linienverschiebungen in Sternspektren auf Grund des Dopplerschen Prinzips zieht, mufs es von höchster Wichtigkeit sein, zu wissen, dafs dieselbe Wirkung auch noch eine andere Ursache haben kann, als die Bewegung in der Gesichtslinie. Weit entfernt zu meinen, dafs dadurch nun die herrlichen, auf dem Dopplerschen Prinzip fufsenden Forschungen der letzten Jahre irgend entwertet werden könnten, — denn dazu sind sie durch zahlreiche Kontrollversuche zu sicher fundiert — glauben wir vielmehr, dafs sich mit Rücksicht auf Humphreys Entdeckung vielfach werden Schwierigkeiten beseitigen lassen, welche unüberwindlich schienen, solange man jede Linienverschiebung auf eine Bewegung in der Gesichtslinie zurückführen zu müssen geglaubt hatte. Freilich können wir es indessen nicht leugnen, dafs die Erforschung der Bewegungen in der Gesichtslinie durch die neue Entdeckung recht wesentlich mühevoller und unsicherer werden wird. Dauernde Verschiebungen der Linien in Sternspektren gegen entsprechende irdische Linien werden jetzt ebensowohl auf andere Druckverhältnisse wie auf Bewegungen zurückgeführt werden können, während periodische Schwankungen nach wie vor am einfachsten durch Bahnbewegungen zu erklären sein werden. Die Thatsache, dafs die Mehrzahl der von Keeler untersuchten Nebelflecke eine Verschiebung der Linien nach dem violetten Ende hin zeigten, kann jetzt z. B. durch den niedrigen Druck, unter welchem die Gase der Nebelflecke vermutlich stehen, erklärt werden und braucht nicht das Vorwiegen einer Annäherung an das Sonnensystem zu bedeuten, wie Keeler seiner Zeit annahm[2]) und durch die Eigenbewegung der Sonne bedingt glaubte.

Im Sonnenspektrum zeigen die Linien der meisten Metalle eine von der Rotationswirkung unabhängige Verschiebung gegen die Lage, welche sie bei künstlicher Erzeugung im Bogenlichtspektrum einnehmen. Unter der Annahme, dafs diese Verschiebungen nicht von Bewegungen herrühren, dafs also die Sonnenatmosphäre verhältnismäfsig ruhig sei, würden somit die Drucke derjenigen Schichten zu ermitteln sein, in welchen die dunklen Linien der betreffenden Elemente zu stande kommen, in denen also die Elemente selbst vor-

[2]) Vergl. Himmel und Erde, VIII, S. 89.

wiegend schweben. Schon vor zwei Jahren hatten Jewell, Mohler und Humphreys auf grund ihrer Beobachtungen folgende Tabelle veröffentlicht:

Elemente	Druck	Elemente	Druck
Aluminium	2 Atm.	Mangan	5 Atm.
Silicium	4 „	Eisen	6 „
Kalcium (a)	6 „	Nickel	7 „
„ (b)	3 „	Kupfer	7 „
Chrom	5 „	Kobalt	4 „

F. Kbr.



Nachrichten über Kometen.

Die Zahl der Kometen des Jahres 1898 ist eine recht beträchtliche. Was zunächst die in früheren Erscheinungen bereits als periodisch erkannter Kometen angeht, so wurde oder wird die Wiederkehr von vier Gestirnen, deren Wiederauffindung zum Teil schon geglückt ist, erwartet.

Der kurz-periodische Komet Winnecke ist bereits am 1. Januar d. J. von Perrine auf der Lick-Sternwarte aufgefunden worden.

Enckes berühmter Komet mit $3^1/_3$ Jahren Umlaufszeit wurde zuerst von Tebbutt in Windsor (Neu-Südwales) am 12. Juni 1898 gesehen.

Ebenso ist auch die Aufsuchung des bekannten Kometen Wolf erfolgreich gewesen. Er wurde in dieser dritten Erscheinung von Hussey auf der Lick-Sternwarte nur wenige Tage später als der Enckesche Komet, nämlich am 16. Juni beobachtet, und zwar sehr nahe an dem durch die Vorausberechnungen des Pfarrers Anton Thraen in Dingelstädt (Eichsfeld) angegebenen Orte. Die Abweichung der Rechnung von der Beobachtung beträgt nur etwa vier Minuten, ein überraschend genaues Resultat, zumal der Komet überhaupt erst in zwei Erscheinungen beobachtet worden ist. Am 19. Juli wird sich eine starke Annäherung des Kometen an den Planeten Mars ereignen.

Bisher in der diesjährigen Erscheinung nicht aufgefunden ist der periodische Komet Tempel I (1867 II). Entdeckt wurde derselbe im Jahre 1867 am 3. April; seine Umlaufszeit ergab sich aus der Rechnung zu nahe sechs Jahren. Merkwürdig war seine Bahn insonderheit deshalb, weil die Exzentrizität derselben kleiner als die aller übrigen, bisher bekannten periodischen Kometen gefunden wurde, mit Ausnahme des 1892 entdeckten Kometen Holmes (1892 III). Nachdem der Komet in den Jahren 1867, 1873 und 1879 längere Zeit beobachtet worden war, gelang seine Auffindung in den nächsten

beiden Erscheinungen 1885 und 1892 nicht, offenbar weil sich inzwischen infolge starker Störungen durch Jupiter die Perihel-Distanz um einen erheblichen Betrag (ca. sechs Millionen Meilen) vergröfsert hatte und dadurch die Sichtbarkeit erschwert wurde. In diesem Jahre wird die Sonnennähe voraussichtlich etwa Anfang Oktober stattfinden. Übrigens machen die Sichtbarkeitsbedingungen auch diesmal ein Wiederauffinden kaum mehr wahrscheinlich.

Ähnliches gilt von dem periodischen Kometen Brooks (1886 IV) mit nahe 6 Jahren Umlaufszeit, dessen Auffindung weder bei seiner Rückkehr im Jahre 1892, noch auch bisher in der diesjährigen Erscheinung möglich geworden ist; erklärlich wird dies dadurch, dafs die Periode recht unsicher sein dürfte.

Der erste neue Komet des Jahres 1898 wurde von Perrine am 19. März auf der Lick-Sternwarte, welche in Bezug auf Kometen-Entdeckungen in den letzten Jahren überaus erfolgreich gewesen ist, entdeckt. Er erschien in der Helligkeit eines Sternes siebenter Gröfse und besafs einen Schweif von 1 Grad Länge; der Durchmesser des Kopfes, der eine starke zentrale Verdichtung zeigte, betrug fast 2 Bogenminuten. Anfangs war der Komet in unseren Breiten nur des Morgens kurz vor Sonnenaufgang in geringer Höhe über dem Horizonte sichtbar; später wurde er cirkumpolar. Nach einer Berechnung des Entdeckers scheint der Komet eine elliptische Bahn mit grofser Umlaufszeit von über dreihundert Jahren zu beschreiben; seine Elemente verraten eine grofse Ähnlichkeit mit denen des ersten Kometen des Jahres 1785, ausgenommen die Länge des Perihels, welche eine beträchtliche Abweichung zeigt.

Am selben Tage, an welchem die Wiederauffindung des Enckeschen Kometen glückte, wurde, wiederum auf der Lick-Sternwarte, von Coddington ein bisher unbekannter Komet gefunden. Leider stand dieses sonst recht helle Gestirn in so stark südlicher Deklination, dafs in unseren Breiten nur wenige Beobachtungen unter grofsen Schwierigkeiten angestellt werden konnten. Seine Bewegung ist auch weiter stark nach Süden gerichtet. Nachträglich stellte sich heraus, dafs derselbe Komet von einem Herrn W. Pauly in Bukarest, ohne dafs derselbe von der bereits geschehenen Entdeckung Kenntnis haben konnte, als nebelartiges Gebilde am 14. Juni nicht weit von dem Sternhaufen G. C. 4183 bei dem hellen Stern Antares gesehen und in der nächsten Nacht als Komet erkannt wurde.

Wiederum wenige Tage später entdeckte Perrine zum zweiten Male einen Kometen in diesem Jahre. Die anfangs geringe Helligkeit desselben nahm schnell zu, sodafs er ein recht auffälliges Objekt zu

werden verspricht. Leider wird der Komet für unsere Breiten schon Ende Juli unsichtbar werden. Auf eine Ähnlichkeit der Bahnelemente dieses Gestirns mit denen des Kometen Pons-Brooks ist von Dr. R. Schorr in Hamburg aufmerksam gemacht worden, sodafs die Bahn möglichenfalls sich auch als elliptisch herausstellen könnte.

Der letzte der bisher in diesem Jahre als neu erkannten Kometen wurde am 18. Juni von Giacobini in Nizza entdeckt. Leider nimmt die Helligkeit, die anfangs derjenigen eines Sternes zehnter Gröfse vergleichbar war, anscheinend schnell ab. G. Witt.

Himmelserscheinungen.

Übersicht der Himmelserscheinungen für August und September.

Der Sternhimmel. Um Mitternacht im August und September ist der Anblick des gestirnten Himmels ungefähr der folgende: Zur Kulmination gelangen im August die Sternbilder des kleinen Pferdes, des Schwans, Wassermanns und Cepheus, im September der Pegasus, gegen Ende noch die Fische und Andromeda. Im Untergehen begriffen sind um Mitternacht Ophiuchus und Bootes (Arctur geht nach Mitternacht unter, im September gegen $^1/_2$11^h abends); Hercules nähert sich dem Untergange (α Hercul. geht gegen 3^h morgens, im September vor 1^h unter). Im Aufgange sind Stier (Aldebaran geht im August vor $^1/_2$12^h, im September vor $^1/_2$10^h abends auf) und Orion (vollständig sichtbar erst im September; die beiden Hauptsterne dieses Sternbildes kommen um $^1/_2$12^h und $^1/_4$1^h über den Horizont), ferner die Zwillinge (Castor und Pollux gehen nach 12^h, im September nach 10^h abends auf). Die Sterne des Walfisches sind seit 11^h, im September seit 9^h abends sichtbar. Spica (Jungfrau) ist schon um 9^h abends, im September gegen 7^h untergegangen, eine Stunde später auch die Wage; Antares (α Scorpii) geht jetzt bereits nachmittags auf und verschwindet um 10^h resp. um 8^h abends. Die folgenden Sterne, welche für Berlin um Mitternacht kulminieren, können zur Orientierung am Himmel dienen:

1. August	α Cygni	(1. Gr.)	(AR 20^h	38^m,	D + 44°	55')
8. „	ζ „	(3. „)	21	8	+ 29	48
15. „	γ Capricorn.	(3.6 „)	21	34	— 17	7
22. „	ι Pegasi	(4. „)	22	2	+ 24	51
29. „	η Aquarii	(3.8 „)	22	30	— 0	39
1. Septbr.	λ Pegasi	(4. „)	22	42	+ 23	2
8. „	γ Piscium	(4. „)	23	12	+ 2	43
15. „	ω Aquarii	(4.6 „)	23	37	— 15	6
22. „	γ Pegasi	(2.6 „)	0	8	+ 14	37
29. „	δ Androm.	(3. „)	0	34	+ 30	18.

Helle, veränderliche Sterne, welche vermöge ihrer günstigen Stellung vor und nach Mitternacht beobachtet werden können, sind:

δ Cephei (Variabilität zw. 3.8 und 5.0 Gr. Periode: 5 Tage)
U „ („ „ 7.8 „ 9 „ „ 2 Tage 11 St. 50 Min.)
β Pegasi („ „ 2.2 „ 2.7 „ „ irregulär)
α Cassiop. („ „ 2.2 „ 2.8 „ „ „)

Von gröfseren Nebeln können aufgesucht werden: einige im Schwan,

ein heller Nebel nordwestlich von η Pegasi und der Andromeda-Nebel (westlich von ν Androm.), welcher uns durch das Auftauchen eines neuen Sternes in seinem Centrum bekanntlich merkwürdig geworden ist.

Die Planeten. Merkur, nur kurze Zeit abends sichtbar, wird erst in der zweiten Hälfte September wieder am Morgenhimmel vor Sonnenaufgang auffindbar. Er hat am 9. August seine Sonnenferne, am 22. September seine Sonnennähe. — Venus steht anfänglich im Löwen, tritt aber bald in das Sternbild der Jungfrau über, das sie in südlicher Richtung durchläuft; sie verweilt mit diesen tief stehenden Sternbildern nur noch kurze Zeit, Anfang August 1 h 20 m, Ende September nur 1 h, nach Sonnenuntergang über dem Horizonte. Am 30. August geht sie nahe (etwas nördlich) von Spica vorüber, und Ende September ist sie tief in der Wage angelangt, südlich von γ Librae (4. Gr.). — Mars geht am Tage unter, kommt aber dafür immer früher, Anfang August um Mitternacht, Anfang September um 11 h abends über den Horizont. Ende desselben Monats wird er schon um $^{1}/_{4}$11 h sichtbar. Er läuft nördlich des Orions vom Stier gegen die Zwillinge und hat Ende September die Mitte des letzteren Sternbildes überschritten. Am 17. September steht er nahe bei ε Geminor. (3. Gr.) und ist etwas südlich von diesem Sterne leicht zu finden. Am 25. August steht er nahe bei Neptun. Die Distanz des Mars von der Erde vermindert sich in den beiden Monaten um weitere 0,368 Einheiten der Entfernung Sonne—Erde. Am 9. September nachmittags zieht übrigens die schmale Mondsichel über den Mars hinweg. — Jupiter ist abends am Westhimmel noch bis $^{1}/_{2}$10 h, von Anfang September ab nur bis $^{3}/_{4}$8 h sichtbar; Ende September geht er schon gegen 6 h abends unter. Er verbleibt noch im Sternbilde der Jungfrau, läuft von η Virgin. (3. Gr.) in nördlicher Richtung langsam gegen Spica hin und steht Ende September zwischen Spica und δ Virginis (3. Gr.). — Saturn, im Skorpion, beschreibt einen 6 bis 7 Grad nördlich von Antares hinziehenden Weg; er geht Anfang August um $^{1}/_{2}$10 h abends unter, Ende September gegen 8 h. — Uranus befindet sich wie Saturn im Skorpion, steht in der Nähe von δ Scorpii (2.3 Gr.) etwas nördlich von diesem Stern und geht mit Saturn, kaum um eine halbe Stunde früher, unter. — Neptun geht Anfang August um Mitternacht auf, Ende desselben Monats gegen 11 h abends, Ende September um 10 h; er befindet sich im östlichen Teile des Sternbildes des Stieres, etwas nordöstlich von ζ Tauri (3.3 Gr.).

Für Berlin sichtbare Sternbedeckungen durch den Mond.

			Eintritt			Austritt			
1. August	o Capricorni	(5. Grösse)	6 h	36 m	abends	7 h	32 m	abends	(nur Austritt sichtbar).
24. „	A Scorpii	(5. „)	6	35	„	7	16	„	
29. „	σ Capricorni	(5.5 „)	1	57	morgens	2	34	morg.	(nur Eintritt sichtbar).
9. Septbr.	Mars	—	2	16	nachm.	3	7	nachm.	

Mond.

Vollmond	am 2. August.	Aufg.	7 h	46 m	abends;	Unterg. 6 h	2 m	morgens.
Letztes Viert.	„ 9. „	„	9	58	„	„ 1	59	nachm.
Neumond	„ 17. „			—			—	
Erstes Viert.	„ 24. „	„	1	45	nachm.	„ 9	17	abends.
Vollmond	„ 31. „	„	6	24	abends.	„ 6	23	morgens.
Letztes Viert.	„ 7. Septbr.	„	9	13	„	„ 1	54	nachm.
Neumond	„ 16. „			—			—	
Erstes Viert.	„ 23. „	„	2	44	nachm.	„ 10	18	abends.
Vollmond	„ 30. „	„	5	18	„	„ 8	0	morgens.

Erdnähen 29. August, 25. September; Erdfernen 13. August, 9. September.

Sonne:

	Sternzeit f. den mittl. Berl. Mittag			Zeitgleichung		Sonnenaufg. f. Berlin.		Sonnenunterg. f. Berlin.	
1. August	8h	40m	19s1	+ 6m	5s7	4h	23m	7h	50m
8. „	9	7	54.9	+ 5	25.1	4	34	7	37
15. „	9	35	30.8	+ 4	16.7	4	46	7	23
22. „	10	3	6.7	+ 2	42.9	4	57	7	9
29. „	10	30	42.6	+ 0	46.7	5	9	6	53
1. Sptbr.	10	42	32.2	— 0	8.7	5	14	6	46
8. „	11	10	8.1	— 2	27.3	5	26	6	30
15. „	11	37	44.0	— 4	53.3	5	37	6	14
22. „	12	5	19.9	— 7	20.7	5	49	5	57
29. „	12	32	55.7	— 9	43.5	6	1	5	40

Meteoriten: Die Perseiden (Maximum 10. August).

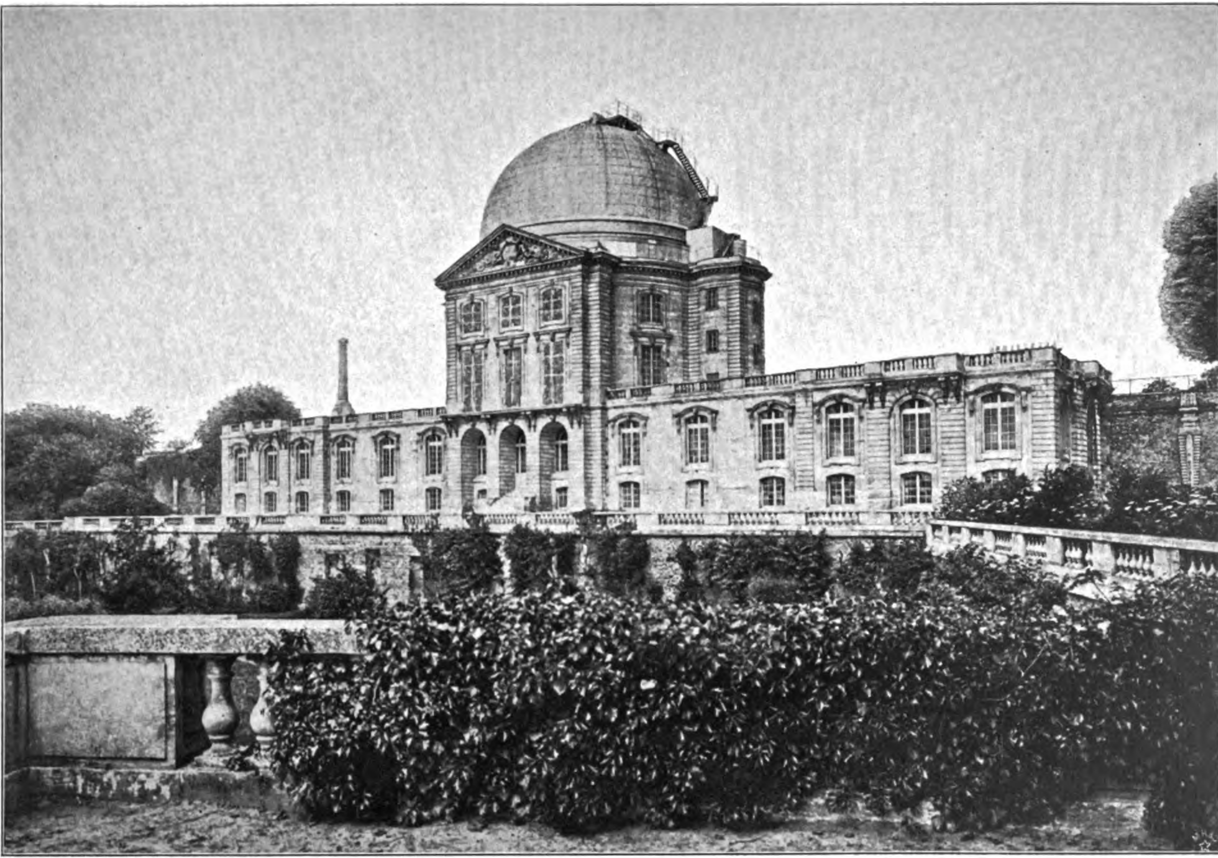


K. Lentz: Was ist Gott, was ist unsere Seele, wo leben wir weiter? Strafsburg, F. Schlesier.

Wenig wissenschaftlichen Wert hat dieser Essay, welcher die einheitliche Erklärung der Naturkräfte unternimmt, dabei aber Excurse in die weitliegendsten Gebiete des menschlichen Lebens und Wesens wagt. Das Schriftchen wimmelt von Entdeckungen. Das Licht ist keine Schwingung des Weltäthers, sondern nur die elektrische Wirkung der Körper auf die Nervenelektrizität des Augennervs; ähnlich der Schall. Desgleichen reduzieren sich Geruch, Geschmack und Tastsinn auf „Nervenelektrizität“. Warum die heutige Theorie der Schwerkraft unrichtig ist, mag der neugierige Leser aus dem Büchlein selber erfahren; in einer wissenschaftlichen Zeitschrift wie „Himmel und Erde“ darf ich darüber nicht berichten. Trotz dieser Entdeckungen enthält die Schrift dort, wo sie das allgemein Menschliche berührt, manche gute Bemerkung. Des Seltsamen ist darin viel und noch mehr des Ergötzlichen. G.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Ansicht des Observatoriums zu Meudon von der Ostseite.



Das [illegible]graphie

V[illegible] Urania.

In dem pra[illegible]ei Paris, einer ehemaligen Staatsdomän[illegible]nem Vierteljahrhundert eines der interessantest[illegible]n der Welt, dessen Aufgabe hauptsächlich die Pflege [illegible]melsphotographie und das Studium der Spektren im Hinblic[illegible] auf die astrophysikalische Erforschung der Himmelskörper bildet. Bereits im Jahre 1869 war der Plan zur Gründung eines astrophysikalischen Observatoriums in Frankreich rege geworden. Der verdienstvolle französische Unterrichtsminister Duruy hatte diesen Plan lebhaft unterstützt; indessen scheiterte die Ausführung an den Schwierigkeiten, welche die kurze Zeit später zwischen Frankreich und Deutschland ausgebrochenen Feindseligkeiten notwendig im Gefolge hatten. Janssen, von der Gründung ab bis heute Leiter des Observatoriums, dessen Verdienste um die Erforschung der Sonnenumgebung mit Hilfe des Spektroskops zur genüge bekannt sind, hatte sich der nationalen Bewegung in Frankreich angeschlossen und befand sich in dem von den Deutschen umgürteten Paris, um von dort aus die Bewegungen der Belagerungstruppen zu verfolgen. Am 2. Dezember 1870 verliefs er die Hauptstadt im Luftballon mitsamt seinen astronomischen Instrumenten, um nach Algier zu gehen und dort die am 22. Dezember des gleichen Jahres sich ereignende totale Sonnenfinsternis zu beobachten.

Einige Jahre nach Beendigung des Krieges, im Jahre 1874, nachdem Janssen zwei Expeditionen, die zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis des Jahres 1872 in Indien und diejenige zur Beobachtung des

Venus-Durchganges von 1874 geleitet und erfolgreich durchgeführt hatte, wurde der Plan zur Gründung eines astrophysikalischen Observatoriums von neuem aufgenommen. Ohne Schwierigkeiten fand das Projekt in der Nationalversammlung Annahme, und es wurde ein genügender Fonds bewilligt, um sowohl mit den Vorarbeiten, wie nach Abschlufs derselben mit der definitiven Installierung vorgehen zu können. Janssen, der mit dieser Aufgabe betraut wurde, entschied sich auf den Rat eines einflufsreichen Freundes für die Wahl von Meudon. Obwohl das Schlofs nach Beendigung des Krieges in

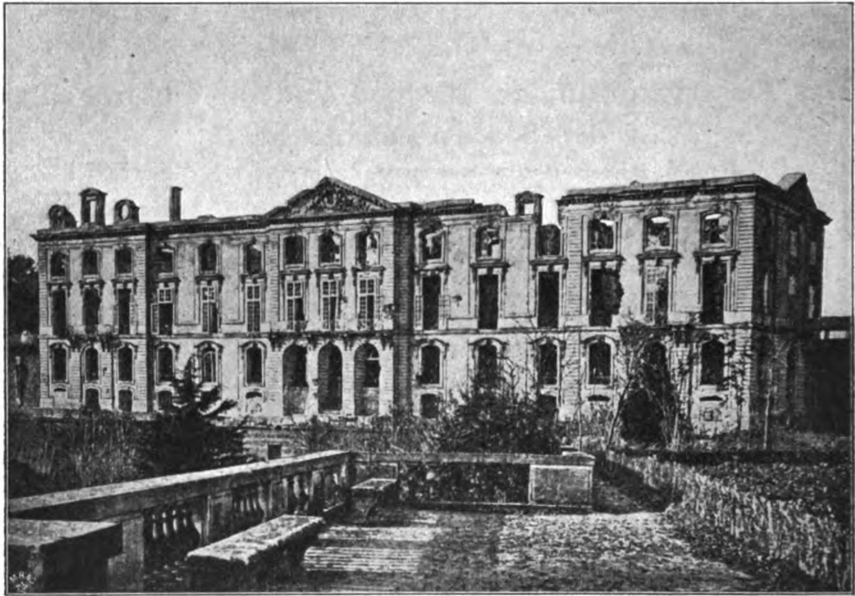


Fig. 1. **Die Ruinen des Schlosses von Meudon nach dem Brande.**

Brand gesteckt worden war, schien sich der Platz doch für den in Aussicht genommenen Zweck besonders gut zu eignen, und es wurde nach Überwindung einiger Schwierigkeiten ein Projekt zum Wiederaufbau des teilweise zerstörten Schlosses aufgestellt, das schliefslich zur Ausführung kam. Solange die Gebäude dieser ehemaligen Domäne der Krone noch von den französischen Truppen beansprucht wurden, sah sich Janssen mit seinen Beobachtern genötigt, unter Zelten im Park einige Instrumente provisorisch aufzustellen. Nachdem aber das Militär abgerückt war und die inzwischen erbauten neuen Kasernen bezogen hatte, wurde mit der Ausführung der geplanten Um- und Ausbauten begonnen, und zwar unter möglichster Anlehnung an die

historisch merkwürdige architektonische Ausgestaltung des alten edlen Bauwerkes.

Es ist naturgemäfs, dafs unter solchen Umständen die Gliederung dieses Observatoriums in mancher Beziehung von derjenigen moderner Sternwarten, für deren Anlage die besondere Zweckbestimmung in erster Linie mafsgebend ist, abweicht, und deshalb werden einige Details über dasselbe nicht uninteressant sein. Unser Titelbild zeigt das Observatorium in seinem gegenwärtigen Zustande mit der mächtigen Kuppel, welche den ehemaligen Schlofsbau krönte. Den Zustand der Ruinen des Schlosses, aus denen dieses Observatorium hervorgegangen ist, veranschaulicht Figur 1.

Auf die geräumige Plattform des Mittelgebäudes des einstigen Schlosses ist der grofse Kuppelbau aufgesetzt, der etwa eine Halbkugel darstellt und bis zum Zenith durch eine äufsere Galerie bestiegen werden kann. In der durch Elektrizität bewegten Kuppel von 18,5 m innerem Durchmesser hat das grofse Äquatorial Platz gefunden. Dieses Hauptinstrument der Sternwarte, von dem wir in Figur 2 eine Reproduktion geben, besteht aus einem astronomischen Fernrohr mit einem Objektiv von 0,83 m Durchmesser und einem für die Zwecke photographischer Himmelsaufnahmen bestimmten Fernrohr, dessen Objektiv zwar kleiner ist, aber immerhin noch den beträchtlichen Durchmesser von 0,62 m aufweist. Ein sechszölliger Sucher und ein noch etwas kleineres Sucherfernrohr mit gröfserem Gesichtsfeld erleichtern das Auffinden der zu beobachtenden Objekte. Beide Instrumente sind mit einander in starrer Verbindung, und die Objektive haben sehr nahe dieselbe Brennweite von etwa 16 m. Den optischen Teil des Doppelfernrohrs haben die Gebrüder Henry in Paris geliefert; der gesamte mechanische Teil stammt aus der Werkstatt von Gautier.

Interessant ist das Problem der bequemen Unterbringung des Beobachters gelöst. Der Pfeiler des Fernrohrs, an welchem eine Treppe hinaufführt, wird von einer Plattform für den Gehilfen des Beobachters umgeben; mit der Kuppel ist ein Gerüst verbunden, an dem ebenfalls eine geräumige Plattform und zwar längs gebogener Schienen, durch elektrische Triebkraft aufwärts und abwärts bewegt werden kann. Auf dieser Plattform, welche also an jeder Drehung der Kuppel teilnimmt und sich stets dem Beobachtungsspalt direkt gegenüber befindet, nimmt der Beobachter seinen Platz ein. Die ganze Einrichtung, auf welche hier nicht näher eingegangen werden soll, ist aus Figur 2 ohne weiteres ersichtlich.

Im Erdgeschofs des ehemaligen Schlosses befinden sich die Ma-

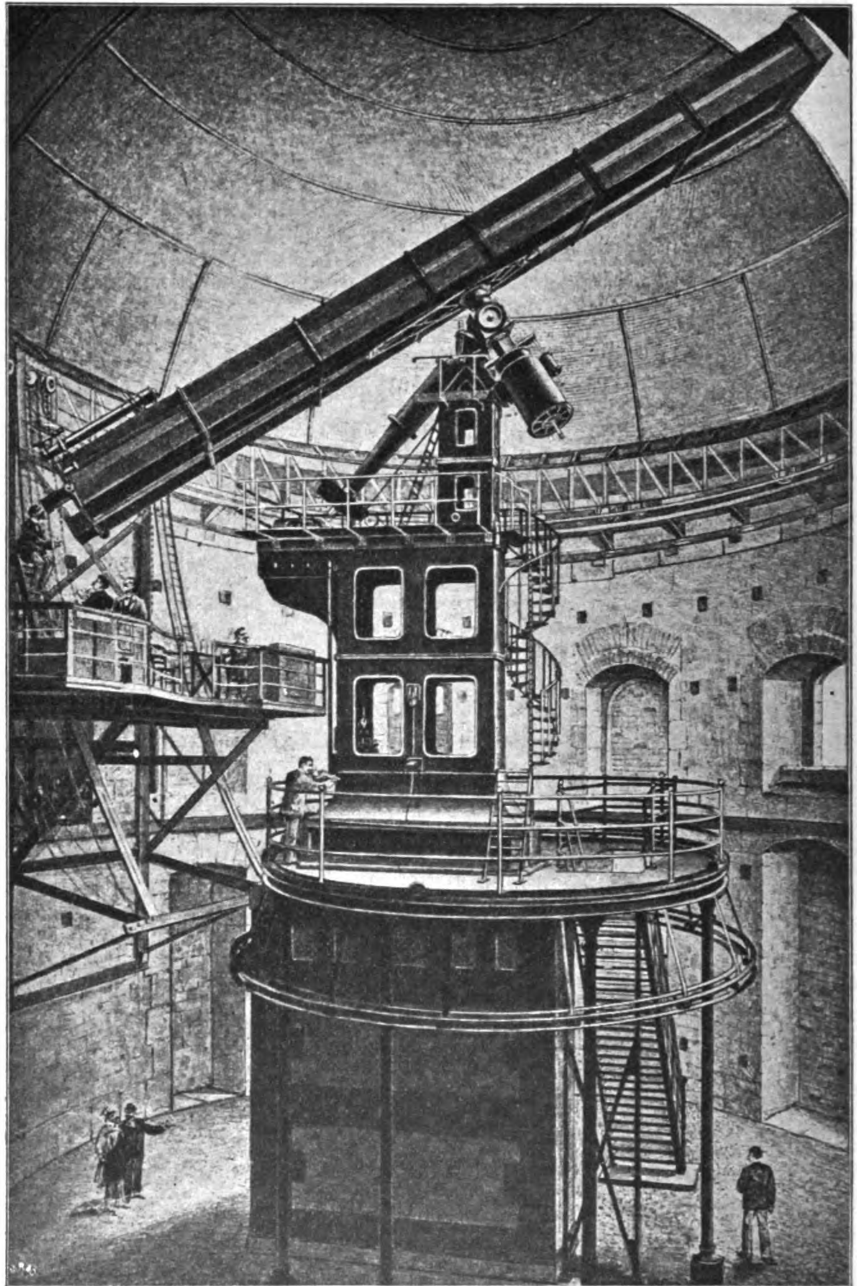


Fig. 2. **Grofser Doppelrefraktor des Observatoriums zu Meudon.**

schinenräume, die Werkstätten und die überaus geräumigen Laboratorien zur Anstellung der verschiedensten Arbeiten im Gebiete der Physik, insbesondere der Astrophysik, namentlich zur Erforschung der Spektren der Elemente.

Ein weiteres wichtiges Fernrohr des Observatoriums, das wir in Figur 3 abbilden, befindet sich in einer kleineren Kuppel. Es ist im wesentlichen ein Newtonsches Spiegelteleskop von 1 m Öffnung und 3 Meter Brennweite, sodafs es also für alle photographischen und spektralanalytischen Forschungen an Himmelskörpern, bei denen es

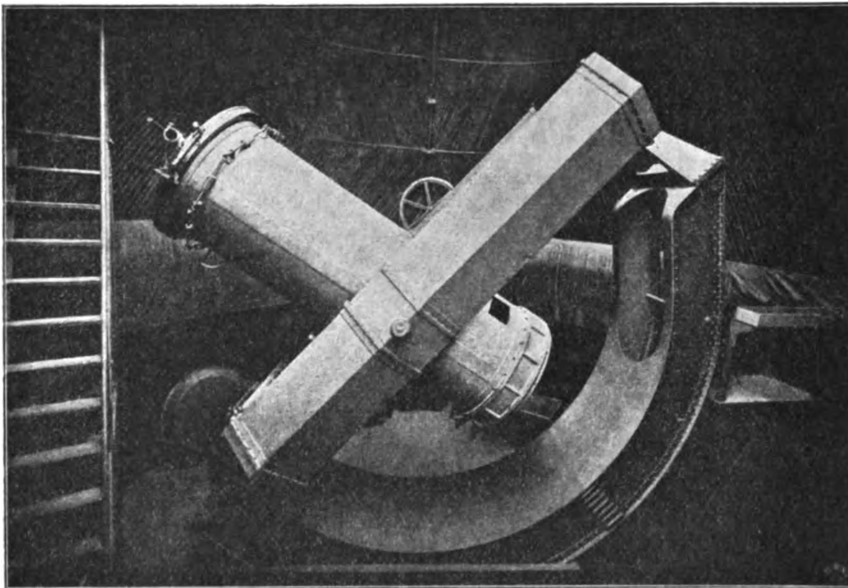


Fig. 3. **Grofses Newtonsches Spiegelteleskop.**

auf sehr grofse Lichtstärke ankommt, besonders günstige Bedingungen darbietet. Auch hier ist der optische Teil ein Werk der Gebrüder Henry. Da dieses Instrument zugleich als ein transportables, auf Expeditionen zu verwendendes Hilfsmittel gedacht worden ist, so hat Janssen für dasselbe von Gautier in Paris die sogenannte englische Aufstellung zur Ausführung bringen lassen, nur mit dem Unterschiede, dafs nicht, wie üblich, die Lagerung der Gabel, an welcher sich das Fernrohr befindet, einfach in zwei festen, im Mauerwerk fundierten Zapfen erfolgte, sondern an einem Kreisbogen, der beliebig auf dem Grundpfeiler festgestellt werden kann. Hierdurch ist die Möglichkeit einer Veränderung der Polhöhe gegeben und eine An-

passung des Instrumentes an den jeweiligen Beobachtungsort auf aufserordentlich einfache Art ermöglicht.

Daneben verdienen noch diejenigen Instrumente besondere Erwähnung, welche für das eigentliche Arbeitsgebiet des Instituts zu Meudon vornehmlich in Betracht kommen, umsomehr als die mit denselben erlangten Resultate im folgenden etwas eingehender dargelegt werden sollen. Zur photographischen Aufnahme der Sonne besitzt das Observatorium insonderheit zwei Instrumente. Eins derselben, das in einer Kuppel von 7,5 m Durchmesser Aufstellung gefunden hat, giebt direkte Brennpunktsbilder von 30 cm Durchmesser; ein anderes, von Steinheil für photographische Aufnahmen des Venus-Durchganges von 1874 konstruiert, gestattet Aufnahmen von 10 cm im Durchmesser. Für spezielle Untersuchungen werden gelegentlich auch Aufnahmen von 0,5 und sogar von 0,7 m Durchmesser angefertigt, wobei naturgemäfs Vergröfserungssysteme Verwendung finden.

Bekanntlich besteht eine Hauptschwierigkeit bei der Anfertigung von Sonnenphotogrammen in der enormen Intensität des Sonnenlichtes. Dieser Umstand macht es erforderlich, denkbar kürzeste Expositionszeiten zu wählen, um zu verhüten, dafs das Bild überexponiert wird oder vollständig solarisiert. Der dreitausendste bis fünftausendste Teil einer Sekunde genügt vollkommen, um ein vollständig ausexponiertes Bild der Sonne zu geben. Hieraus erhellt, dafs an die mechanische Einrichtung des Momentverschlusses, von dem aufserdem verlangt wird, dafs er in allen Teilen seine Bewegung möglichst mit gleichförmiger Geschwindigkeit vollzieht, hervorragende Anforderungen gestellt werden müssen. Zweckentsprechende, sicher funktionierende Einrichtungen sind von Janssen, der sich übrigens für Sonnenaufnahmen noch immer des nassen Kollodiumverfahrens bedient, erdacht und in Gebrauch genommen worden.

Wenn nun auch kein Zweifel darüber bestehen kann, dafs die Sonnen-Aufnahmen, welche regelmäfsig an anderen Observatorien, Potsdam, Kew u. s. w., angefertigt werden, einen grofsen Teil der Einzelheiten erkennen lassen, welche im folgenden näher besprochen werden sollen, so ist ebenso zweifellos die Thatsache zu konstatieren, dafs auf manche der in Betracht kommenden Punkte Janssen zuerst eindringlich aufmerksam gemacht hat. Lediglich aus diesem Gesichtspunkte sollen die nachstehenden Betrachtungen den Resultaten Janssens aus seinen photographischen Aufnahmen mit Ausschlufs aller übrigen gleichartigen Arbeiten gewidmet sein. Das Gesamtmaterial liegt gegenwärtig in gedrängter Form in dem vor Jahresfrist

erschienenen ersten Bande der Annalen des astrophysikalischen Observatoriums zu Meudon vor, dem auch sämtliche Abbildungen entnommen sind.

Die Prüfung der unter günstigen atmosphärischen Umständen erhaltenen Sonnen-Photogramme von 0,3 m Durchmesser ergiebt in Übereinstimmung mit der direkten Beobachtung und den längst bekannten Thatsachen, dafs die Sonnen-Oberfläche allgemein ein granuliertes Aussehen zeigt. Formen, Dimensionen und Verteilung der einzelnen Granulationselemente entsprechen aber keineswegs den

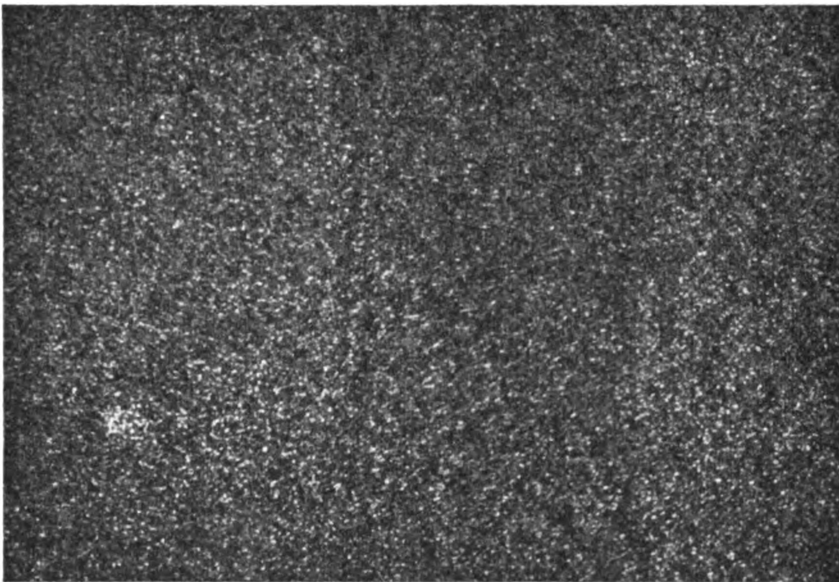


Fig. 4. **Granulation der Sonnenoberfläche.**

Vorstellungen, welche man sich von den Elementen der Photosphäre auf Grund direkter Wahrnehmungen gebildet hatte. Vor allem ergiebt sich, dafs von einer Konstanz in der Form der Elemente, die häufig von verschiedenen Beobachtern als mit Weidenblättern, Reiskörnern u. s. w. vergleichbar bezeichnet werden, keine Rede sein kann. An dem einen oder anderen Punkte der Sonnen-Oberfläche werden zwar gelegentlich solche regelmäfsig gestalteten Granulationskörperchen bemerkt, aber sie sind stets nur Ausnahmen und keineswegs Repräsentanten für ein allgemein giltiges Gesetz der Konstitution der Photosphäre.

Über die Formen der Granulationselemente geben die Photographien unzweifelhaften Aufschlufs. An den Stellen der Sonnen-

Oberfläche, wo sie am schärfsten definiert sind, nähert sich die Form der Körner wenn auch hier und da mehr oder weniger deutlich, ausgesprochen der Kugelgestalt, und je kleiner die Elemente sind, um so gröfser ist die Annäherung an diese Form (Fig. 4). In zahlreichen Fällen, wo die Formen anscheinend in beträchtlichem Mafse unregelmäfsig sind, erkennt man auf den Photographien deutlich, dafs es sich um Anhäufungen kleinerer, regelmäfsig gestalteter Elemente handelt. Werden ausnahmsweise an einzelnen Stellen des Sonnenbildes gestreckte Granulationskörperchen bemerkt, so ist doch unverkennbar, dafs die Kugel die ursprüngliche Gestalt war, die durch besondere, nicht leicht näher zu charakterisierende Kräfte oder Bewegungsvorgänge modifiziert wurde.

Aus dieser Thatsache, dafs die primitive Form der kleinen Granulationspartikelchen unter allen Umständen die Kugel zu sein scheint, ergiebt sich mit Notwendigkeit, dafs die gesamte Schicht, in welcher die Granulation ihren Ursprung hat, aus einer leicht beweglichen Materie besteht, in welcher Gebilde schweben, die in vieler Beziehung hinsichtlich ihrer Konstitution unseren atmosphärischen Wolken vergleichbar sind.

Der Durchmesser der einzelnen Partikelchen bewegt sich an den Punkten, wo die Granulation gut begrenzt erscheint, im allgemeinen zwischen ein und zwei Bogensekunden; indessen kommen auch Fälle vor, wo eine grofse Zahl von Elementen Durchmesser bis herunter zu einer Viertelbogensekunde annehmen, ebenso wie nicht selten auch die obere Grenze beträchtlich überstiegen wird. Nach dem, was über die Gestalt der Partikel gesagt ist, läfst sich aber schon ohne weiteres erkennen, dafs derartig bedeutende Dimensionen — man hat hierbei zu bedenken, dafs einer Bogensekunde auf der Sonnenoberfläche eine Dimension von 700 km entspricht — nur durch die Anhäufung kleinerer Elemente zu stande kommen, ein Umstand, der sich auch an den Photographien mit Sicherheit hat konstatieren lassen.

Es ist sogar nicht unmöglich, dafs die kleinsten für uns noch eben erkennbaren Elemente bereits Konglomerate von noch winzigeren Partikelchen darstellen. Jedenfalls kann nur die Photographie über die Frage Aufschlufs geben, da die direkte Beobachtung die Anstellung so zarter Messungen mit Rücksicht auf den bedeutenden Glanz der im Fernrohre sichtbaren Sonnenscheibe nicht gestattet.

Wenn wirklich, was oben als wahrscheinlich hingestellt wurde, die Erscheinungen der Granulation unseren Wolken bis zu einem gewissen Grade zu vergleichen wären, so mufs man sich vorstellen, dafs auch auf der Sonne die einzelnen Elemente gewissermafsen eine

Art Staubpartikel darstellen, die in einem gasförmigen Medium schweben. Demgemäfs scheint auch der Glanz der Elemente starken Verände-

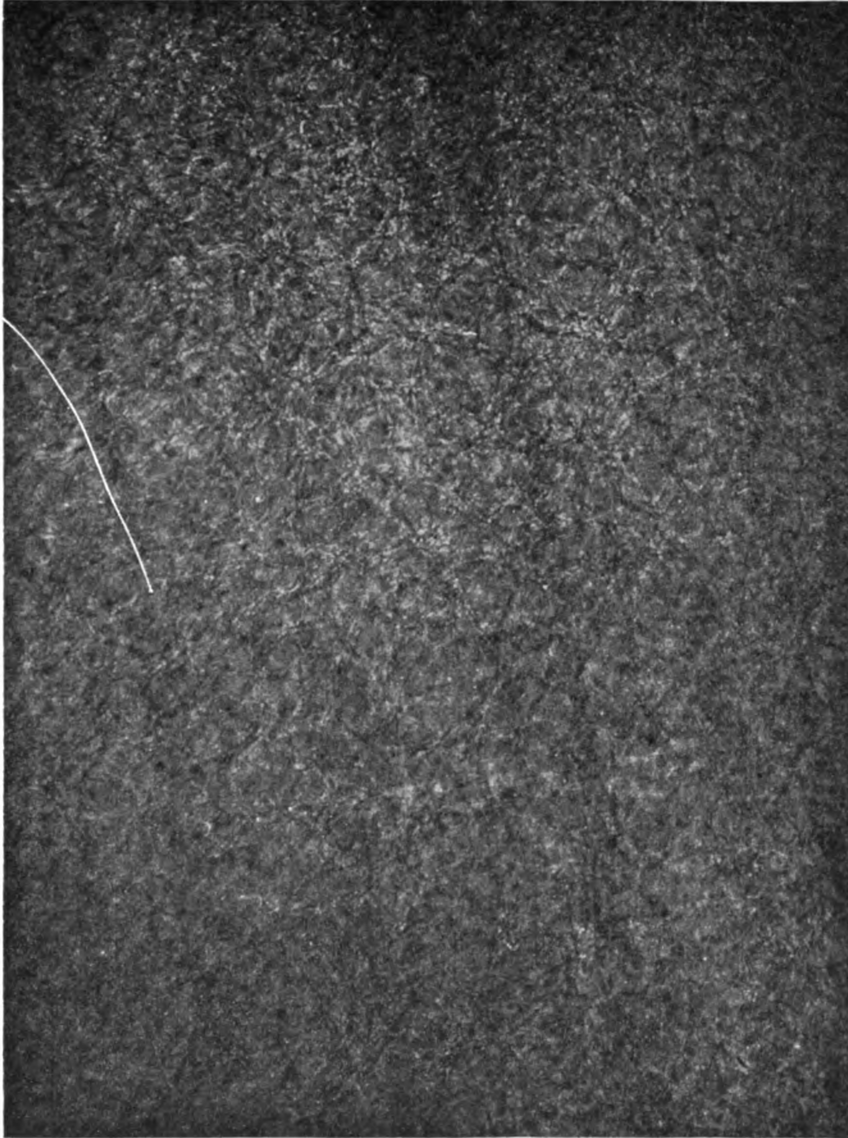


Fig. 5. **Photosphärisches Netz der Sonnenoberfläche (mit kleinen Netzpolygonen).**

rungen unterworfen zu sein. Für die Intensität ihres Leuchtens kommen ersichtlich verschiedene Ursachen in Betracht: Einmal die Natur und Temperatur der festen Körperchen, aus denen sie zusammengesetzt

sind, dann ihr Alter, d. h. mit anderen Worten die Zeit, welche seit ihrer Entstehung verflossen ist, weiter die Höhe, in welcher sie in der

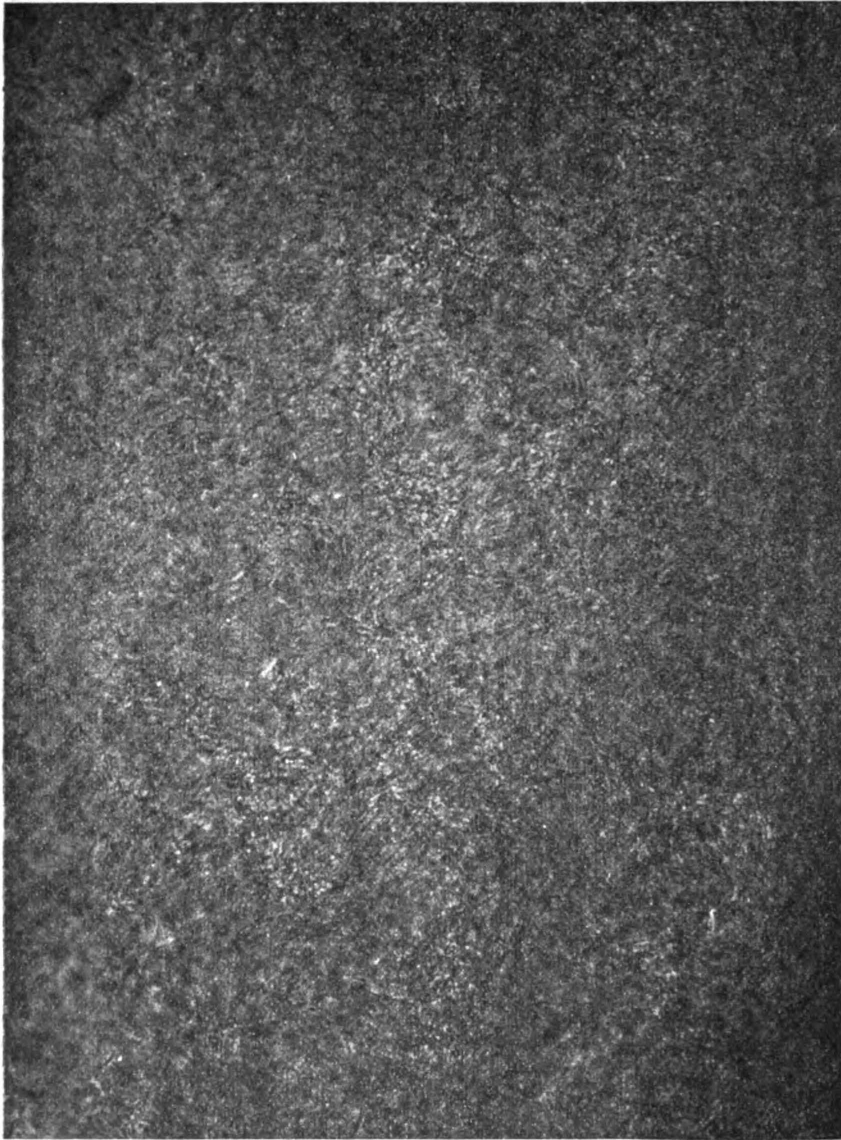


Fig. 6. **Photosphärisches Netz der Sonnenoberfläche. (Mittelgrofse Polygone).**

Photosphäre schweben und endlich ihre mehr oder weniger zentrale Lage auf der Sonnenscheibe.

Ein flüchtiger Blick auf die weiterhin abgebildeten Teile der

Sonnen-Oberfläche wird dem Leser ohne weiteres zeigen, dafs in der Anordnung der Granulation ganz eigentümliche Formen obwalten, sozu-

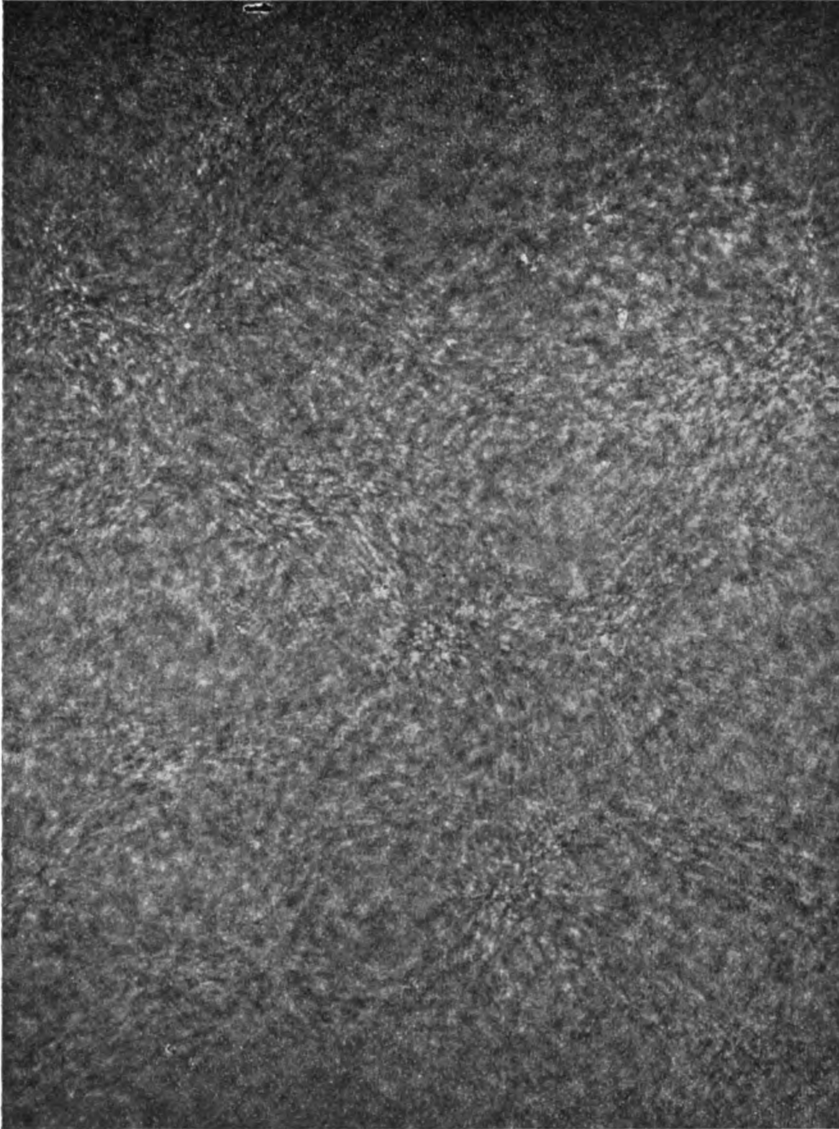


Fig. 7. **Photosphärisches Netz mit grofsen Polygonen und Gebieten heftiger Störung.**

sagen eine Art Gesetzmäfsigkeit der Verteilung, deren Wesen wohl zuerst von Janssen charakterisiert worden ist. Es bietet sich selbst dem unkundigen Blick eine Erscheinung dar, die Janssen als das photo-

sphärische Netz der Sonne (Fig. 5, 6, 7) bezeichnet, und die bei einiger Aufmerksamkeit auf allen gelungenen Sonnen-Photographien von hinreichend grofsen Dimensionen mit derselben Sicherheit wieder beobachtet werden kann.

Die Konstitution der Sonnenoberfläche ist keineswegs eine in allen Teilen gleichförmige; es zeigen sich vielmehr eine Reihe von Figuren, die in verschieden grofsen Abständen von einander auftreten, und deren Begrenzungen in der Regel Polygone sind. Die Dimensionen dieser Figuren sind sehr veränderlich; in manchen Fällen erreichen sie einen Durchmesser von einer Bogenminute und darüber. Die Gesamtheit aller Figuren auf der Sonnenoberfläche läfst sich am ehesten mit dem Geflecht eines Netzwerkes vergleichen, und es ist unverkennbar, dafs längs der Linien dieses Netzes die Granulationskörper in der Regel scharf begrenzt sind, während sie in den Maschen, also im Inneren der Figuren, verwaschen, in die Länge gezogen und durcheinandergewirbelt erscheinen. Gewöhnlich verschwinden sie sogar ganz, um einer streifenförmigen Anordnung der Materie Platz zu machen. Alle diese Erscheinungen dürfen darauf hinweisen, dafs an den betreffenden Stellen die Photosphäre heftigen Bewegungen unterworfen ist, welche die Formen der Granulationselemente vollständig zerstören.

Hiernach darf es nicht verwundern, dafs die Dimensionen der Elementar-Polygone sehr beträchtlichen Variationen unterliegen. Die Gröfse der einzelnen Figuren schwankt anscheinend in einem regelmäfsigen Wechsel von einem Maximum von etwa zwei Bogenminuten bis zu einem Minimum von nahe zehn oder zwölf Sekunden und umgekehrt. So zeigen denn die Photographien grofse, mittlere und kleine Netze, und stellenweise ist sogar ein vollständiges Fehlen dieses Netzes zu konstatieren.

Eine ganz ähnliche Konstitution wie die Sonnenoberfläche im allgemeinen zeigen übrigens auch die Fackeln und die strahlige oder streifige Struktur, welche die Penumbren der Sonnenflecke auszeichnet (vergleiche Figur 8).

Es darf als bekannt vorausgesetzt werden, dafs die Sonnenflecken besonders häufig in zwei Streifen zu beiden Seiten des Sonnenäquators, welche als Fleckenzonen bezeichnet werden, aufzutreten pflegen. Es war deshalb interessant, zu untersuchen, ob bezüglich der Konstitution der Granulation ein ähnliches Verhältnis obwaltet, insbesondere wie an den Polen der Sonnenkugel, wo Flecken niemals, Protuberanzen nur äufserst selten vorkommen, die Granulations-

körperchen beschaffen sind. Da aber die Pole des Sonnenkörpers stets nahe an den Rändern der sichtbaren Scheibe sich befinden, so müssen hier die Elemente der Granulation einmal eine perspektivische Verkürzung erfahren und andererseits sich auf einander projizieren und teilweise verdecken; dazu kommt die Schwierigkeit, dafs infolge der gröfseren Dicke der Photosphärenschicht, welche das von den Granulationselementen ausgesandte Licht zu durchlaufen hat, ihre Sichtbarkeit erschwert werden mufs. Zur Entscheidung der oben gestellten Frage ist man deshalb auf Aufnahmen der Sonne zu den

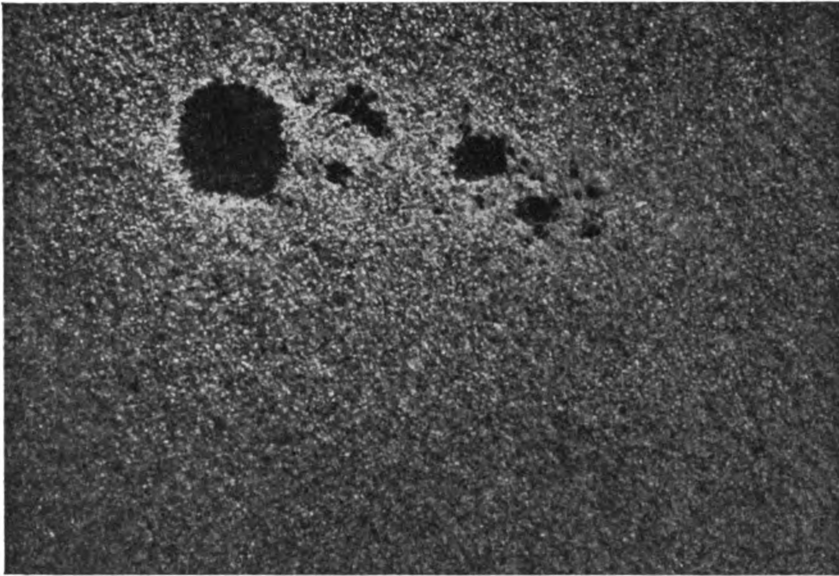


Fig. 8. **Granulation in der Umgebung eines Sonnenflecks.**

Zeiten angewiesen, wo die Rotationsachse der Sonne sich stark gegen die Erde neigt und demgemäfs der Pol, welcher uns jeweils zugewandt ist, in die sichtbare Scheibe der Sonne hineinrückt. Dieser Fall ereignet sich in den Monaten März und September. Auf den aus solchen Epochen stammenden Sonnenaufnahmen hat Janssen keine wesentlichen Unterschiede in der Konstitution und Anordnung der Granulation gegen diejenige der mehr zentralen Teile nachzuweisen vermocht. Janssen kommt deshalb zu dem Schlusse, dafs, soweit sich die Frage gegenwärtig überhaupt mit einiger Wahrscheinlichkeit entscheiden läfst, die Granulation ein generelles Phänomen darstellt und von demjenigen der Flecken nicht oder wenigstens nicht unmittelbar abhängig ist.

Noch ist bisher die Frage nicht entschieden, ob das photosphärische Netz, wie überhaupt die Kugelgestalt der Granulationselemente eine reelle Erscheinung darstellen, also wirklich der Sonne angehören. Abgesehen davon, dafs sich gegen letztere Auffassung gewichtige Bedenken geltend machen lassen, würde sich ein einwandfreier Beweis für die Richtigkeit oder Unrichtigkeit von Janssens Anschauung durch unmittelbar hintereinander erhaltene Photogramme und sorgsame Vergleichung derselben erbringen lassen. Ob dieser Versuch bereits mit Erfolg angestellt wurde, darüber fehlt jede Angabe; zudem müfste es zu den gröfsten Seltenheiten gerechnet werden, wenn wirklich einmal zwei gleich gute Aufnahmen schnell hintereinander gelängen.

Wenn die den Sonnenkern umgebende Gasschicht, welche wir als Photosphäre bezeichnen, in einem Zustande relativer Ruhe und nahehin vollkommenen Gleichgewichts sich befände, so müfste sie eine zusammenhängende Hülle um den ganzen Kern bilden; die Granulationselemente würden sich dann mit einander vermischen, und der Glanz der Sonne wäre in allen ihren Teilen gleichmäfsig. Aufsteigende Gasströme lassen diesen vollkommenen Gleichgewichtszustand indessen niemals zu stande kommen; diese Ströme durchbrechen nämlich die leicht bewegliche Schicht in einer grofsen Zahl von Punkten, und daher rühren jene Elemente, die wir auf den Sonnen-Photographien er-erkennen, und die schliefslich nichts weiter als Bruchstücke der Photosphärenhülle darstellen. Sie streben naturgemäfs infolge der eigenen Schwere der sie bildenden Teilchen danach, die Kugelgestalt anzunehmen. So erklärt sich die Kugelform, die ersichtlich nicht dem Zustande des absoluten Gleichgewichtes entspricht, sondern nur ein relatives Gleichgewicht darstellt, dasjenige nämlich, in welchem die die Photosphäre bildende Materie, da sie infolge der Gasströme keine zusammenhängende Schicht bilden kann, sich in ihre Elemente auflöst, deren jedes eine eigene Gleichgewichtsfigur anzunehmen bestrebt ist. Indessen ist dieser Zustand des individuellen Gleichgewichts der kleinsten Teilchen nur ziemlich selten verwirklicht; in zahlreichen Punkten treiben die aufsteigenden Strömungen die Granulationselemente mehr oder weniger stark aus einander und verändern ihre kugelförmige Gleichgewichtsfigur, sodafs dieselbe ganz und gar unkenntlich wird, wenn die Bewegungen einen sehr heftigen Charakter annehmen.

Die Bewegungsvorgänge, von denen die Gasschicht unaufhörlich erregt wird, in der die photosphärischen Elemente schweben, entstehen an bevorzugten Punkten. So ist denn die Sonnenoberfläche in Regionen relativer Ruhe und relativer Thätigkeit geteilt, und hier-

aus resultiert die Bildung des photosphärischen Netzes. Aber selbst in den Punkten relativer Ruhe gestatten die in der photosphärischen Schicht andauernd herrschenden Bewegungsphänomene nicht, dafs die Granulationselemente eine Niveaufläche bilden, und daher rührt das mehr oder weniger grofse Eintauchen der Partikelchen unter die Oberfläche und wegen der starken absorbierenden Kraft der Schicht, in welcher die Elemente schwimmen, der grofse Helligkeitsunterschied derselben auf den photographischen Sonnenbildern.

So genügte schon ein oberflächliches Studium der Sonnenphotographien, um die älteren Vorstellungen über die Photosphäre wesentlich umzugestalten, und die Gesamtheit der Daten, die sie uns liefern, leitet uns zu einer verhältnismäfsig einfachen Vorstellung über die Konstitution der photosphärischen Elemente und die Veränderungen, welche sie unter dem Einflusse der auf sie einwirkenden Kräfte erleiden, — einer Vorstellung allerdings, welche zur Zeit kaum grösseren Wert besitzt als eine der älteren Sonnentheorien, zu der man aber auf einem Wege gelangt, der, nach Beseitigung noch entgegenstehender Mängel und Schwierigkeiten, uns eher zum Ziele führen dürfte als die direkte Beobachtungsmethode.





Die Riesensprudel von Herste und Sondra.

Von **Dr. L. Häpke** in Bremen.

Seit Jahrtausenden waren die Naphtha- oder Petroleum-Quellen den Feueranbetern bekannt, aber die grofsartige wirtschaftliche Verwertung dieses Beleuchtungsmittels fing erst mit dem Jahre 1859 an, als man in Pennsylvanien fast durch Zufall die erste Petroleum-Quelle mittelst Bohrung erschlofs. Ähnlich verhält es sich mit der Kohlensäure, die mit Wasser sprudelnd als Säuerling hervordringt und schon seit Äskulaps und Herodots Zeiten wegen ihres angenehm säuerlichen und prickelnden Geschmacks als Heilmittel benutzt wurde. Das Aufblühen der Kohlensäure-Industrie begann seit dem letzten Decennium und nahm dann ebenfalls einen ungeahnten Aufschwung. Aufser den Quellen entströmt die Kohlensäure an manchen Orten als vollkommen trockenes Gas der Erde, wie in der Dunsthöhle zu Pyrmont, bei Friedrichshall in der schwäbischen Alb und in der Hundsgrotte zu Puzzuoli bei Neapel. Diese wufste man nicht zu benutzen und fürchtete sie als tödliche „Stickluft", weil Licht und Leben darin erlöschen. Schon in geringer Menge eingeatmet, wirkt die Kohlensäure tödlich, aber in moussierenden Getränken unterstützt sie die Verdauung und ist im Selterswasser, Bier und Champagner ein vorzügliches Erfrischungsmittel. Wunderbar ist auch der Kreislauf dieses farblosen Gases, den es durch unaufhörlich sich erneuernde Verbindungen und Zersetzungen im Tier- und Pflanzenkörper vollendet.

Die Kohlensäure wurde zuerst um 1600 durch van Helmont in Brüssel nachgewiesen, der sie als Gas durch eine Säure aus dem Kalkstein austrieb. Erst 1775 erkannte Lavoisier, dafs dieses Gas auch durch Verbrennung der Kohle entsteht und wies nach, dafs es aus einem Teile Kohlenstoff (C) und zwei Teilen Sauerstoff (2O) zusammengesetzt ist (CO_2). Lange bemühte man sich vergeblich, die Kohlensäure zu einer Flüssigkeit zu verdichten, bis es Faraday im Jahre 1826 gelang. Auf Null Grad abgekühlt, wird sie durch einen Druck von 38 Atmosphären verflüssigt. Bei höherer Temperatur mufs

der Druck entsprechend gröfser sein, der bei 15° schon 52 Atmosphären erfordert, bis über 31°, dem kritischen Punkte, jede Verflüssigung des Gases auch beim gewaltigsten Druck aufhört. Vom Drucke entlastet, wird die Flüssigkeit sofort wieder gasförmig, wobei der Rest zu einer festen schneeähnlichen Masse erstarrt, die langsam verdunstet und eine Kälte von 79 Grad zu erzeugen vermag. Für den Handel und Verbrauch war die Verflüssigung von fundamentaler Bedeutung, da sie in solchem Zustande weniger als den fünfhundertsten Teil des Raumes beansprucht, indem ein Kilo flüssige Kohlensäure 507 Liter gasförmige entwickelt.

Neben der früheren künstlichen Herstellung tritt nun die Gewinnung der Kohlensäure aus natürlichen Quellen und Bohrlöchern in den Vordergrund, da man allmählich fand, dafs sie im Innern der Erde in unerschöpflicher Menge aufgespeichert ist. Die erste derartige Bohrung, welche die Fachschriften wegen der Verflüssigung erwähnen, geschah 1884 bei Burgbrohl[1]). Hier wurde im älteren Devon ein Bohrloch von 82 m Tiefe niedergestofsen, das jede Minute 430 l Wasser und 1500 l Kohlensäure, oder 2160 cbm Kohlensäure an einem Tage gab. Das dem Bohrloche entströmende Wasser ward gleichzeitig zum Kühlen benutzt, und die Kompressionsanstalt lieferte per Stunde 60 kg flüssige Kohlensäure, deren Druck je nach der Temperatur zwischen 48 und 70 Atmosphären wechselte. Der Preis betrug damals 2 Mark per Kilo und ist jetzt durch vermehrtes Angebot auf 50 Pfennig gefallen.

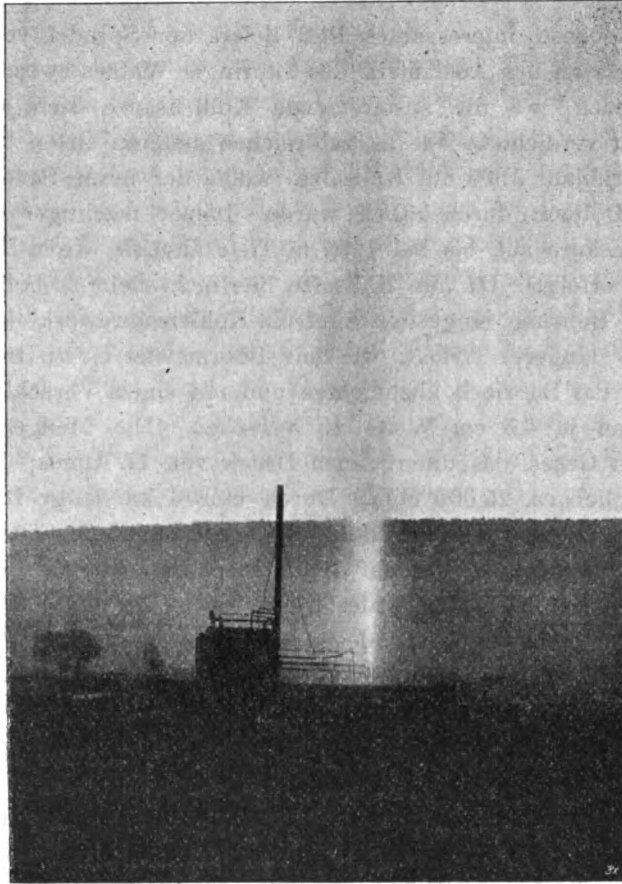
Nachdem auch an anderen Orten in der Nähe des Rheins derartige Bohrungen erfolgreich gewesen waren, begann man im März 1894 in Herste, sechs Kilometer von Driburg im Kreise Höxter, ein Bohrloch abzuteufen, das im Juni bereits eine Tiefe von 148,5 m erreicht hatte. Die Menge der ausströmenden Kohlensäure, deren gewaltiger Druck das schwere Bohrgestänge heraustrieb und selbst den Bohrturm ins Wanken brachte, machte die Arbeit sehr beschwerlich. Unter starken Detonationen, die einem Artilleriefeuer glichen, wurden Eismassen hervorgeschleudert, die der Gastwirt von Herste für seinen Eiskeller wegholen liefs. Der heftige Gasstrom reifst nur wenig Wasser mit sich, von dem es durch eine besondere Vorrichtung getrennt wird. Das mit einem Kupferrohr von 21 cm Durchmesser ausgekleidete Bohrloch mündet in ein Bassin, aus dem das mitgerissene Wasser durch einen seitlichen Kanal beständig abfliefst, während die

[1]) Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde für 1885, S. 88—90.

Kohlensäure in der darüber gestülpten Gasometerglocke aufgefangen wird. Von hier gelangt sie in einen grofsen eisernen Cylinder, den sogenannten Windkessel, aus dem sie durch eigenen Druck in einer 2 km langen eisernen Röhre nach den beiden Fabrikgebäuden geleitet wird, die neben der Eisenbahnstation erbaut sind. Dort wird das Gas durch zwei Dampfmaschinen von 75 und 100 Pferdestärken mittelst doppelt wirkender Kompressoren, die von Kühlwasser umgeben sind, zur Flüssigkeit verdichtet. Die letztgenannte Maschine versorgt nebenher mittelst eines Dynamo sämtliche Fabrikräume, sowie auch die Dorfstrafsen mit elektrischem Licht. Die flüssige Kohlensäure wird dann in den bekannten Stahlcylindern, die zehn oder zwanzig Kilo davon enthalten, in den Handel gebracht. Diese sind nach dem Verfahren von Mannesmann mit 5 bis 7 mm Wandstärke hergestellt und amtlich auf einen Druck von 250 Atmosphären geprüft. Um für den Versand der schweren Flaschen an Kosten zu sparen, führte die Bremer Firma Steiner & Engelke besonders konstruierte und patentamtlich geschützte Kesselwaggons ein, die in Herste mit 5400 bis 10000 Kilo flüssiger Kohlensäure beladen werden. Diese durchlaufen auf Schienenwegen ganz Deutschland und gestatten, dafs die Kohlensäure auf den Stationen mit geringer Mühe in die Stahlcylinder umgefüllt wird. Mit Unterstützung des Herrn Direktor Steiner konnte ich im Juli v. J. das Werk in Herste besichtigen, während der Besitzer, Herr Generalkonsul Rommenhöller, mir die betreffenden Drucksachen seines Archivs zur Verfügung stellte.

Von der ungeheuren Menge des hier der Erde entströmenden Gases kann nur etwa der vierte Teil gewonnen und verdichtet werden, indem man bei der gewöhnlichen Arbeitszeit täglich etwa 10—15000 Kilogramm flüssige Kohlensäure darstellt. Darnach ist das aus dem Bohrloche in 24 Stunden hervordringende Gas auf ca. 40000 Kubikmeter oder 40 Millionen Liter zu schätzen. Das Getöse der ungenutzt entweichenden Kohlensäure ist so grofs, dafs die Dorfbewohner sich darüber beschwerten, und man sich genötigt sah, zur Dämpfung ein „Auspuffrohr“ von 15 m Länge über dem Bohrloche zu errichten. Auch jetzt noch wird bei der Stille der Nacht das brausende Geräusch eine Stunde weit gehört. Läfst man sämtliches Gas mit dem vollkommen zerstäubten Wasser entweichen, so schiefst ein Riesensprudel von mehr als 30 m oder 100 Fufs Höhe empor, der, an der Spitze vom Winde umgebogen, die glänzende Form eines silberweifsen Segels annimmt, das in dem Thalkessel aus weiter Ferne sichtbar wird und eine Sehenswürdigkeit ersten Ranges bildet.

Die untenstehende Abbildung ist nach einer Photographie ausgeführt und gewährt nur ein schwaches Abbild der majestätischen Erscheinung, deren donnerndes Getöse das Ohr ebenso mächtig fesselt wie der schimmernde Glanz der Tropfen das Auge. Die Kohlensäure von Herste ist von gröfster Reinheit und übertrifft darin wohl alle



Der Riesensprudel von Herste.

anderen Mineralquellen. Nach der wiederholten Analyse des Professors König in Münster war das Gas frei von Salzsäure, schwefliger Säure und Schwefelwasserstoff und bestand zu 99,84 % aus CO_2. Das abfliefsende Wasser ist anfangs klar und perlend, enthält aber noch eine Menge Kohlensäure gelöst, was man an dem prickelnden Geruch über den schäumenden Fluten wahrnimmt. Das darin gelöste Ferrooxyd, das dem bunten Sandstein entstammt, schlägt sich in Berührung mit Luft als braunrotes Eisenoxydhydrat auf einer schiefen

Ebene von Brettern nieder, damit der durch das Dorf fliefsende Bach, der sich in die Nethe ergiefst, von der Eisenverbindung nicht verunreinigt wird. Die Temperatur des Wassers im Bohrloche schwankt zwischen 8 und 9° C.; Holzbälle, in den Sprudel geworfen, wurden hoch emporgeschleudert und fielen erst nach 8,5 Sekunden auf die Erde zurück.

Ein ebenso interessantes Bild liefert der Sprudel von Sondra, einem Dorfe an den Ausläufern des Thüringer Waldes zwischen Gotha und Eisenach, wo die ausströmende Kohlensäure sich selbst zur Flüssigkeit verdichtet. Wie an zahlreichen anderen Orten bohrte man dort im Frühjahr 1895 auf Kalisalze, wobei der bunte Sandstein und Zechstein-Dolomit durchsunken wurde. Immer mächtiger trat dabei die Kohlensäure auf, bis bei 196,7 m Tiefe ähnlich wie in Herste eine Explosion erfolgte. Da nun Kalisalze hier nicht mehr zu hoffen waren, wurde die Bohrung eingestellt und ein Kohlensäurewerk eingerichtet. Erst nach längerer Arbeit, wie mir Bohrmeister Schultz mitteilte, gelang es, das Bohrloch abzudichten und mit einem Verschlufs zweier Ventile von je 4,5 cm Weite zu versehen. Die Menge des ausströmenden Gases, das unter einem Druck von 17 Atmosphären steht, beträgt täglich ca. 25 000 cbm. Durch eine 4 km lange Röhre wird es von dem Bohrloche nach der Fabrik am Bahnhofe Sättelstedt geleitet, wo die eine Hälfte, auf 10 Atmosphären abgedrosselt, einen Compoundmotor von 90 Pferdestärken treibt, der die andere Hälfte verflüssigt. Gleichzeitig spendet der Motor wegen der überschüssig vorhandenen Kraft mittelst einer Dynamomaschine auch das nötige elektrische Licht. Die Fabrik ist seit Juni vorigen Jahres in Betrieb und liefert täglich bei zehnstündiger Arbeitszeit 3000 kg flüssige Kohlensäure. Infolge des starken Absatzes wird nach der Zeitschrift „Prometheus" die Anlage gegenwärtig um das Doppelte vergröfsert, so dafs demnächst täglich 6000 kg hergestellt werden können. Die Kohlensäure ist hier vollständig trocken und gleichfalls frei von übelriechenden Bestandteilen, enthält aber 1 pCt. Stickstoff. Von diesem wird sie nach einem Verfahren des Dr. Luhmann mit geringen Kosten vollständig befreit. Damit ist ein neues Gebiet mechanischer Arbeitsleistung durch Kohlensäure aus dem Erdinnern erschlossen, und dies Gas tritt mit Dampf- und Wasserkraft in Wettbewerb. Mit 10 bis 15 Atmosphären Spannkraft in gewöhnliche Maschinen von doppelt wirkender Expansion gebracht, läfst sich mittelst Kohlensäure jede mechanische Arbeit überall da verrichten, wo sie durch Bohrungen aufgeschlossen wird.

Die Quelle zu Sondra gehört jetzt einer Kölner Aktiengesellschaft, die im Januar d. J. mit einem Kapital von $1^1/_2$ Millionen Mark gegründet wurde. Das Aufsuchen weiterer Sprudel im Herzogtum Koburg-Gotha wurde diesem Konsortium auf 25 Jahre überlassen, wobei es sich verpflichtete, bis zu einem Drittel des Gases für Bade- und Heilzwecke an staatliche Anstalten, Stiftungen etc. unentgeltlich, resp. zur Hälfte der Selbstkosten abzugeben.

Über den Ursprung und Aggregatzustand der Kohlensäure im Erdinnern giebt die vorhandene Litteratur nur dürftigen Aufschlufs. Am meisten geht auf diese wichtigen Fragen noch das vierbändige Werk der chemischen Geologie von Bischof ein, das jedoch schon 1863 erschien. Darnach geschieht die Bildung des Gases in grofser Tiefe, wo der Muschelkalk vom Sandstein unterteuft wird, indem in Gegenwart von Wasserdämpfen eine Wechselzersetzung von kohlensaurem Kalk mit Silikaten erfolgt. Nach der geologischen Karte von v. Dechen stehen beide Formationen bei Herste an, so dafs sich hier Calciumsilikat bilden, und die Kohlensäure in Klüften und Spalten ansammeln kann. Ob in gröfserer Tiefe und bei hohem Druck die Kohlensäure in tropfbar flüssiger Form vorhanden ist, läfst jedoch Bischof nach dem damaligen Standpunkte der Wissenschaft unbeantwortet.

Schon 1826 machte Brewster bekannt, dafs er in sehr feinen Hohlräumen von Quarz, Topas und Chrysoberyll aus den verschiedensten Fundorten Flüssigkeiten mit grofsen Ausdehnungskoeffizienten gefunden habe. Da letzterer mit dem der flüssigen Kohlensäure übereinstimmte, schlofs man auf deren Vorhandensein, das später denn auch chemisch direkt nachgewiesen wurde. Die basaltischen Tuffe des Brohlthals enthalten in den kleinsten Zwischenräumen ebenfalls flüssige Kohlensäure, deren Entstehung man daher auf vulkanische Vorgänge zurückzuführen suchte. Mit diesem mikroskopischen Vorkommen ist aber das massenhafte Auftreten der Kohlensäure in Herste und Sondra nicht in Verbindung zu bringen. Für den liquiden Zustand im Innern der Erde scheinen mir folgende Gründe zu sprechen. Flüssige Kohlensäure erzeugt beim Verdunsten eine Kälte von 79° C., sodafs sie fähig ist, im Juni Eismassen aus dem Bohrloche zu schleudern. Neben dem hohen Druck von 12 bis 15 Atmosphären kommt in Herste die aufserordentliche Reinheit des Gases in Betracht, dem nur 0,16 pCt. atmosphärische Luft beigemengt ist. Welch ungeheure Hohlräume müfsten mit dem Gase angefüllt sein von mehr als fünfhundertfach gröfserer Ausdehnung als bei flüssigem Zustande. Diesen in der

geologischen Abteilung der Naturforscher-Versammlung zu Braunschweig von mir vorgetragenen Gründen stimmten die Herren Professor Kloos und Geheimrat von Fritsch zu (letzterer mit Vorbehalt). Später schrieb mir auch Herr Generalkonsul Rommenhöller, der aufser Herste noch mehrere Sprudel besitzt, dafs obige Ansicht auch von seinen Ingenieuren geteilt würde.

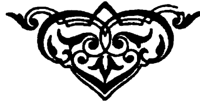
Die Exhalationen der Kohlensäure gehören, wie schon Bischof hervorhebt, zu den grofsartigsten Phänomenen auf der Erdoberfläche. Am linken Rheinufer finden sich in der Umgebung des Laacher Sees und im Brohlthale gegen tausend Säuerlinge, deren Quellen seit zweitausend Jahren bekannt sind, da man dort römische Silber- und Kupfermünzen mit den Bildnissen von Julius Cäsar, Augustus und Tiberius gefunden hat. Ferner finden sich westlich von der Weser zahlreiche Sprudel mit reicher Kohlensäure, von denen ich nur die von mir besuchten Driburg, Hermannsborn, Meinberg, Oeynhausen und Pyrmont nenne. An letzterem Badeorte entströmt die Kohlensäure an vier verschiedenen Stellen dem Boden. In der bekannten Dunsthöhle sieht man keine Spalten, dennoch ist die Grotte mit Gas gefüllt. Bei der Neufassung der stark wallenden Stahlquelle in Pyrmont wurden 1864 in 3,5 m Tiefe ein Schöpfgefäfs von Bronze, sowie Schnallen und Tuchnadeln mit römischen Münzen aus dem ersten Jahrhundert nach Christo gefunden. Auf Bauernhöfen in Bellenberg bei Meinberg finden sich Sprudel, die von natürlichen Quellen herrühren und schon vor mehr als sechzig Jahren vom Medizinalrat Brandes in seiner Topographie als „Bullerborne“ erwähnt werden. Als ich den Ort besuchte, fand ich auf dem Hofe des Landmanns Schäfer einen Brunnen, der 10 bis 12 m tief gebohrt war und einen ebenso starken Sprudel wie die Pyrmonter Hauptquelle entwickelte. Diese wenigen Angaben von den bekanntesten deutschen Fundorten, die fast nur Flachbohrungen ihr Entstehen verdanken, mögen genügen, den Reichtum unterirdischer Reservoire an Kohlensäure darzuthun. Ich möchte jedoch keineswegs behaupten, dafs sie überall präformiert und flüssig ist.

Gelänge es, durch Bohrung in etwa 600 m Tiefe die flüssige Kohlensäure der Erde direkt zu entnehmen, so würden die Dampfmaschinen mit ihren Kompressoren überflüssig werden, und aus der Erde gleich einem kolossalen Syphon eine Flüssigkeit hervorquellen, die neben anderen Verwendungen einen grofsen Vorrat mechanischer Arbeit liefern könnte. Die deutsche Ausfuhr von Kohlensäure betrug nach Angaben des kaiserlichen statistischen Amtes im vorigen Jahre ca. 25 000 Doppelcentner zu einem Werte von etwa einer Million

Mark. Dieses Quantum ging hauptsächlich nach Holland, Belgien, England und Schweden; es ließe sich leicht verzehnfachen. Vor zwei Jahren waren bereits 45 Kohlensäurewerke in Deutschland vorhanden, von denen jedoch kaum der dritte Teil natürliche Kohlensäure verarbeitete. Welche Kapitalien darin jetzt angelegt sind, läßt sich leicht berechnen, wenn man erfährt, daß das rheinische Kohlensäure-Syndikat schon damals einen Flaschenpark von weit über hunderttausend Mannesmann-Stahlcylindern besaß, die mit dem Ventil 35 bis 44 Mark kosten.

Die Kohlensäure-Industrie, die ihre Geburtsstätte in Deutschland hat, zählt erst wenige Jahre und erweitert beständig ihre Anwendungen. Das Verzapfen des Bieres, die Bereitung des künstlichen Selterswassers und der Bäder von Kohlensäure geschieht fast allein mittelst dieser komprimierten Flüssigkeit. Zur Erzeugung von Kälte und zur Eisbereitung in Brauereien, Schlachthallen, Krankenhäusern, Farbenfabriken, Konditoreien ist flüssige Kohlensäure das billigste Mittel. Die verdunstete CO_2, welche die große Kälte von 79^0 hervorzubringen vermag, wird dabei durch Komprimieren stets von neuem wiedergewonnen. Der Verbrauch ist daher sehr gering, und staffelweise kann man durch Verdunsten verschiedener Flüssigkeiten immer tiefere Temperaturen erlangen, die noch über 200^0 Kälte hinausgehen. Die Firma L. A. Riedinger in Augsburg, welche Kälteerzeugungsmaschinen für Kohlensäure und Kompressoren zu deren Verflüssigung als Spezialität fabriziert, hat bereits über vierhundert derselben geliefert. Fast sämtliche Länder Europas sind damit versorgt worden; aber auch nach den übrigen Erdteilen sind bereits ansehnliche Lieferungen abgegangen, deren Preise je nach Größe zwischen 3 600 und 120 000 Mark schwankten. Diese Kälteerzeugungsmaschinen haben gegen die mit Ammoniak arbeitenden Maschinen große Vorzüge in Bezug auf Dauerhaftigkeit, geringen Verbrauch und Betriebssicherheit. Der letzte milde Winter hat für manche Gewerbe geradezu einen Notstand herbeigeführt, dem das aus Norwegen und Rußland bezogene Eis abhelfen soll, dessen Preis bereits weit über das Doppelte gestiegen ist. Wenn vor mehreren Jahren aus ersterem Lande für $2^1/_4$ Millionen Mark Eis nach Deutschland eingeführt wurde, so wird das heurige Jahr noch ungleich größere Summen aufweisen. Diese könnten durch Kohlensäure-Eismaschinen unserem Lande erhalten bleiben. Weit mehr noch als unser gemäßigtes Klima werden die tropischen Gegenden von der künstlichen Kälte mittelst Kohlensäure Nutzen ziehen. Im größten Maßstabe benutzt Krupp diese Methode, um Gußstahl zu härten, sowie die Metalle zu verdichten und zusammenzuziehen.

Jahrtausende ruhte die als „fixe“ Luft verachtete Kohlensäure unangerührt im Schofse der Erde. Seit kaum einem Jahrzehnt zum Leben erweckt, giebt dieser neue Stoff der Eisen- und Stahlindustrie, dem Wagenbau für komprimierte Flüssigkeiten und zahlreichen anderen Gewerben einen kräftigen Aufschwung, wodurch auch die Gebiete des Handels und Verkehrs erweitert werden.





Über Wärmebildung im Pflanzenkörper.

Von Richard Kolkwitz,
Privatdocenten an der Universität zu Berlin.

Die Thatsachen, aus welchen wir erkennen, dafs die Pflanzen gleich den Tieren lebende Wesen sind, drängen sich uns nicht so sinnfällig auf, dafs man durch eine flüchtige Umschau im Pflanzenreich sich davon augenblicklich und leicht überzeugen könnte.

Gleichwohl kommen beiden Gliedern des Organismenreiches, den Tieren sowohl wie den Pflanzen, dieselben fundamentalen Lebensäufserungen zu, wie Ernährung, Wachstum, Fortpflanzung und Atmung. Wären die Tiere nicht so deutlich wahrnehmbarer Bewegung fähig, so würden sich selbst manche ihrer gröfseren Formen von den Pflanzen im äufseren Habitus wenig unterscheiden. So z. B. verraten die Medusen und Korallentiere entschiedene Ähnlichkeit mit höheren Pilzen.

Dafs nun die gesamten Tiere ebenso wie wir Menschen gerade Sauerstoff einatmen und Kohlensäure aushauchen, kann zwar auch nur durch chemische Untersuchungen geprüft werden, aber dafs unser Körper mit der umgebenden Luft in lebhaftem Gasaustausch steht, geht ganz klar aus der respiratorischen Bewegung des Brustkorbes hervor.

Bei den Pflanzen fällt dieses auffallende äufsere Kennzeichen fort, weil ihre Atmung sich lediglich durch die Haut vollzieht, und wir sind deshalb bei der Feststellung und dem näheren Studium ihres Respirationsprozesses auf gasanalytische Methoden angewiesen.

Alle Pflanzen atmen ununterbrochen Tag und Nacht genau wie wir, manche sogar derartig intensiv, dafs sie darin die am lebhaftesten atmenden Tiere, z. B. die kleineren, munteren Singvögel, auf gleiches Körpergewicht berechnet, noch merklich übertreffen, obwohl die Pflanzen keine Lungen haben, sondern, wie oben bereits erwähnt, nur durch die Haut atmen.

Je lebhafter die Atmung, um so gröfser ist die dabei zu beobachtende Wärmeentwickelung im Körper. Darum gehören die Vögel auch zu den warmblütigsten Tieren, und stirbt ein solches, so wird es kalt, weil die Atmung aufhört.

Genau so ist es bei den Pflanzen, und zwar sollen unter diesen hier zuerst auch die warmblütigen, wenn man so sagen darf, besprochen werden.

Vor 120 Jahren entdeckte der rühmlichst bekannte Vorgänger Charles Darwins, der französische Naturforscher Chevalier de Lamarck, die Eigenwärme der Pflanzen an den Blüten von Arum italicum, welches nahe verwandt ist mit einer z. B. im Thüringer Walde wild wachsenden und dort Bergmannslicht genannten Pflanze (A. maculatum), weil in ihren Blüten ein keulenförmiges Organ in einer Scheide ähnlich dem Licht in einer Stocklaterne wahrzunehmen ist. Diese Keule ist der Sitz der Wärmequelle.

Solange die Blüten sich noch im Knospenstadium befinden, besitzen sie die Temperatur der umgebenden Luft; sobald aber die Reife des Blütenstaubes naht, beginnt die Temperatur sehr bald merklich zu steigen, 10 bis 20° C. über die der umgebenden Luft, und wenn man eine gröfsere Zahl solcher Kolben um ein Thermometer gruppiert, so steigt dessen Quecksilber bis auf 50° C., also auf Wärmegrade, bei denen das Wasser deutlich dampft und Äther längst siedet, die der Pflanze selbst sogar gefährlich werden können. Vor der Erwärmung enthält eine Keule durchschnittlich 61% Wasser, 25% Stärke, also ähnlich der Kartoffel, und 4—5% Zucker; aber schon wenige Stunden nach Beginn der Erwärmung sind nicht weniger als $^3/_4$ der Trockensubstanz durch Atmung verbrannt. Von Stärke (und Zucker) finden sich nach kurzer Zeit nicht die geringsten Spuren mehr, eine überraschende Thatsache, die leicht dadurch bewiesen wird, dafs sich die Keule vorher mit Jod blau, nachher gelb färbt.

Es ist ziemlich sicher, dafs bei dieser Verbrennung die Gesamtmenge der freiwerdenden Energie zur Wärmebildung verwendet wird.

Bei der Verbrennung von 1 gr Kohlehydraten in der Berthelotschen Bombe werden etwa 4100 kleine Kalorien frei. Nimmt man mit möglichster Annäherung an den thatsächlichen Befund an, dafs aus dem Kolben der Blüten von Arum 1 gr Stärke veratmet worden ist, so kann man leicht berechnen, dafs das dabei frei gewordene Wärmequantum genügt, um 60 ccm Wasser von Zimmertemperatur auf 100° zu erhitzen. Stülpt man der Pflanze eine Glasglocke über, so nimmt man an den dicken Wassertropfen, welche bald von den

Wänden herablaufen, wahr, dafs die Pflanze während dieser Vorgänge stark schwitzt. Würde man dieses Wasser, welches z. B. während einer Nacht transpiriert wird, sammeln, so könnte man feststellen, dafs dessen Gewicht das der Keule übertrifft, ein Beweis dafür, dafs von den Wurzeln und dem Stengel Wasser zur Keule nachgeströmt ist, vermutlich um die dort herrschende Hitze zu kühlen.

Zahlreiche Insekten, besonders Fliegen, kommen zu dieser Zeit herbei, um sich auf den warmen Kolben, dessen hohe Temperatur man schon leicht mit der Hand fühlen kann, niederzulassen. Auf diese Anlockung ist die Wärmeentwickelung, verbunden mit einem intensiven Aasgeruch, auch berechnet, damit die Insekten beim Herumkriechen zwischen den Blüten den Pollen übertragen. Ist dies geschehen, so hört die Wärmebildung auf. Die Wärmeentwickelung ist an der Oberfläche des Kolbens am lebhaftesten, vermutlich weil hierher der Sauerstoff am leichtesten Zutritt hat; im Innern beträgt die Temperatur 6° weniger als an der Peripherie. Es wird auch behauptet, dafs die Blüten beim Einbringen in reinen Sauerstoff zu leuchten beginnen.

Weitere ausgezeichnete Beispiele für die vorliegende Besprechung liefern andere Vertreter der besonders in den Tropen verbreiteten Familie der Araceen, so Colocasia, Philodendron, Amorphophallus und andere mehr. Besonders Colocasia odora ist auf der Insel Bourbon genau studiert worden.

Viele Palmen erzeugen sehr grofse Blütenstände, manche von solchen Dimensionen, dafs sich der ganze Baum bei der Bildung derselben erschöpft und abstirbt.

Diese Blüten sind oft von einer geschlossenen kahnförmigen Scheide umgeben und erhitzen sich auch um ein Plus von 10°, wahrscheinlich, weil die dadurch bedingte Ausdehnung der Luft die starke Hülle sprengen helfen soll. Das Öffnen der Scheiden geschieht denn auch mit einem hörbaren Krach.

Vorzügliche Untersuchungen liegen über die Blütenwärme der Cycadeen vor, besonders bei Ceratozamia longifolia. Die Temperatursteigerung ist bei diesen wie auch bei vielen anderen keine einmalige und konstante, sondern läfst eine, von der Umgebung unabhängige, tägliche Wärmeperiode erkennen, die sich 5 Tage hinter einander wiederholt. Die Untersuchungen wurden in Buitenzorg, dem javanischen Sanssouci, angestellt, zu einer Zeit, wo die Luft ziemlich konstant 24° warm war. Morgens 7 Uhr zeigte das Thermometer in den Blüten keine Eigenwärme an, dann stieg es bis 12 Uhr mittags um ca. 2°,

sank wieder ein wenig bis 2 Uhr, um dann abermals und viel intensiver zu steigen, nämlich bis 5 Uhr auf 37°. Hierauf trat im Laufe der Nacht wieder ein Abfall der Temperatur bis zu der der umgebenden Luft ein, worauf am folgenden Morgen der Prozefs von neuem begann.

Das Temperaturmaximum fällt bei Ceratozamia auf 5 Uhr nachmittags, kann aber bei den verschiedenen Pflanzen zu ganz anderen Tageszeiten eintreten.

In welchem näheren Zusammenhang diese Periodizität mit den sonstigen Lebensäufserungen der Pflanzen steht, ist gänzlich unbekannt, ebenso wie der Zweck derselben.

Ansehnliche Temperatursteigerungen sind noch bei anderen grofsen Blüten festgestellt worden, z. B. bei der Königin der Nacht (Cereus grandiflorus), der Victoria regia, Pandanus utilis, dem Blumenrohr (Canna indica), der Tuberose (Polianthes tuberosa), dem Kürbis (Cucurbita Pepo) u. a. m.

Man bestrich die Staubblätter solcher Blüten vor der Reife mit einer leicht schmelzbaren Substanz, z. B. Cacaobutter oder festem Honig, und konnte beim Eintritt der Erwärmung sehen, wie dieses Fett durch die Atmungswärme schmolz und herabflofs.

Dafs diese freiwerdende Wärme zum mindesten teilweise ihre Entstehung der Atmung verdankt, ist durch zahlreiche Versuche sichergestellt; wir wissen aber noch nicht, ob sich das wirklich freiwerdende Wärmequantum mit dem aus der verschwundenen Stärke leicht zu berechnenden deckt.

Die am meisten erwärmten Teile entwickeln bei der Atmung das gröfste Quantum Kohlensäure und verbrauchen am meisten Sauerstoff. So wurde zur Zeit der Pollenreife von Arum maculatum in 24 Stunden das 30fache seines Volumens an Kohlensäure gebildet, während die Atmung sonst 6mal schwächer war.

Experimentiert man in kühlerer Luft, so vermindert sich auch die Atmungsintensität und gleichzeitig damit die Wärmebildung. Bei Sauerstoffentziehung, z. B. wenn man den Luftraum abschliefst, wodurch der Sauerstoffgehalt bald abnimmt, oder Wasserstoff oder Stickstoff, zuführt, oder endlich den Kolben mit Öl bestreicht, wodurch der Luftzutritt verhindert wird, hört die Erwärmung auf.

Endlich steigen auch Atmung und Wärme in einer Atmosphäre von reinem Sauerstoff, eine Erscheinung, die im Pflanzenreich sehr häufig vorkommt, beim Menschen sich aber bekanntlich nicht beobachten läfst.

Das Phänomen der Eigenwärme ist nun aber nicht bloss an Blüten, sondern auch an vegetativen Organen, wie Blättern und Stengeln, zu beobachten.

Dafs an diesen die Erwärmung bedeutend geringer sein mufs, geht schon daraus hervor, dafs es eines ganz besonders günstigen Objektes bedurfte, nämlich Arum italicum, um die Eigenwärme bei Pflanzen überhaupt zu entdecken.

Ferner ist nicht zu vergessen, dafs in der Pflanze auch wärmebindende Prozesse stattfinden. Bekanntlich ist es im Walde kühl, weil die Blätter Wasser in grofsen Quantitäten, zentnerweise, verdunsten.

Zwar atmen alle lebenden Zellen in der Pflanze und erwärmen sich dadurch über ihre Umgebung, wenn aber gleichzeitig wärmebindende Prozesse statthaben, so leuchtet ohne weiteres ein, dafs trotz der Atmung die Temperatur noch unter die der Umgebung herabsinken kann. So z. B. sinkt ein Thermometer, wenn man es in eine frei auf dem Tisch liegende Kartoffel steckt, um etwa $^1/_2{}^0$ C unter die Zimmertemperatur.

Bezüglich Wärme- und Kälteerzeugung sind Atmung und Transpiration die beiden hauptsächlichsten antagonistischen Prozesse, denen sich unter anderen noch Insolation und Wärmeausstrahlung beigesellen. Will man die Wärmeentwickelung untersuchen, so mufs man vor allem die Verdunstung unterdrücken und die Wärmeleitung nach Möglichkeit verhindern.

Es geschieht dies am besten durch Zusammenhäufen, etwa von keimenden Samen. Deshalb ist auch schon längst bekannt, dafs die zur Bereitung des Malzes in den Brauereien aufgeschütteten Gerstenkeimlinge im Innern der Haufen fühlbare Wärmeentwickelung veranlassen; natürlich ist auch hier wieder die Atmung im Spiel. Dabei ist ein Wärmeüberschufs von 6 bis 14^0 R. nichts Ungewöhnliches.

Die Beobachtungen an der Gerste sind dann vielfach auch an den Keimlingen anderer Pflanzen gemacht worden, so bei Erbse, Klee, Kresse, Bohne, Weizen, Hafer, Mais, Hanf u. s. w. Man kann auch, um für eine Durchlüftung der atmenden Keimlinge, d. h. Sauerstoffzufuhr und Kohlensäureableitung zu sorgen, die Pflanzen in ein mit zwei Öffnungen versehenes Gefäfs bringen, dieses zum Verhüten der Wärmeabgabe mit schlechten Wärmeleitern umwickeln und langsam Luft durch den Apparat saugen.

Eine weitere sehr bekannte Methode besteht darin, dafs man nadelförmige thermoelektrische Elemente an die zu untersuchenden

Stellen spiefst und die Wärme nach den Ausschlägen der Magnetnadel am Galvanometer beurteilt. Endlich sind auch sehr empfindliche Luftthermometer verwendet worden.

Das Resultat aller so angestellten Untersuchungen läfst sich kurz dahin zusammenfassen, dafs an zahllosen Blättern, Stengeln und Blüten geringe Wärmezunahme sich ermitteln liefs, so bei Rose, Küchenzwiebel, Wolfsmilch, Mohn, Tannennadeln, Glockenblume, Lattich, Sonnenblume, Spargel, Rhabarber, Kohlrabi u. s. f.

Auch an fleischigen Früchten, wie Pflaumen, Äpfeln, Birnen, Tomaten, und an verdickten unterirdischen Organen wie Knollen (Kartoffeln), Wurzeln (Rettig) und Zwiebeln waren deutliche, wenn auch geringe Temperatursteigerungen bemerkbar. Bei der Tomate liefs sich auch die früher schon besprochene Periodizität feststellen, und zwar waren die Tomaten am Tage immer etwas wärmer.

Endlich seien noch Pilzkörper wie die vom Champignon, Steinpilz und Bovist erwähnt, an welchen eine Temperaturerhöhung im Maximum bis $^1/_2{}^0$ C zu beobachten war.

Eine bis jetzt noch nicht besprochene weitere Wärmequelle im Pflanzenkörper ist die Quellung. Sobald Samen eingeweicht werden, beginnen sie Wärme durch Verdichtung des Imbibitionswassers zu erzeugen, ohne dafs Sauerstoffaufnahme oder Kohlensäureabgabe stattfindet. Es handelt sich also bei der Quellung nicht um einen Lebensprozefs, sondern um eine rein physikalische Erscheinung. Diese ist am genauesten an den Stärkekörnern studiert worden. Trockene Stärke lagert in ihre Micellarinterstitien das Quellungswasser mit einer solchen Begier ein, dafs dieses im Korn unter dem kolossalen mittleren Druck von etwa 2500 Atmosphären steht. Theoretische Betrachtungen ergeben, dafs das sehr schwer kompressible Wasser sich dabei um $^1/_9$ verdichtet. Hierbei wird Wärme frei, von der aber etwa 11 % für Arbeitsleistung bei der durch die Quellung bedingten Ausdehnung des Stärkekorns wieder gebunden werden.

Werden 40 g ganz trockenes Weizenstärkemehl mit 40 g Wasser bei einer Temperatur von 22° C. zusammengerührt, so steigt ein hineingestecktes Thermometer um 11,6° C.

Auch beim Quellen von Bastfasern, also Hanfschnüren, Sägespähnen und dergl. wird Wärme frei und die Temperatur um 2—10° C. erhöht.

Es ist hinlänglich bekannt, dafs durch Quellung viel Energie geleistet wird. Man kann z. B. Schädel durch quellende Erbsen zer-

sprengen und durch Laminariastiele einen Druck von 40 Atm. überwinden.

Halten wir jetzt Umschau auf dem Gebiet der mikroskopisch kleinen Organismen wie der Hefen und Bakterien, so begegnen wir ähnlichen Erscheinungen.

Was zunächst die bei ihren Lebensprozessen erzeugte Wärme betrifft, so sei in erster Linie an die Mistbeetkästen und Düngerhaufen erinnert, welche ihre Wärme der Thätigkeit von Bakterien und Mikrokokken verdanken.

Diese willkommene Fähigkeit hoher Wärmeproduktion, welche den Bakterien zukommt, hat man neuerdings in Augsburg benutzt, um Gewächshäuser zu heizen.

Dazu werden die aus Wollfabriken stammenden Abfälle, Nissel genannt, in die hohlen Wände der Gewächshäuser gestopft und mit Wasser begossen. Dann beginnen die Bakterien mit dem Wachstum ihre Atmungsthätigkeit zu steigern, wodurch den Wänden eine ziemlich konstante, mehrere Tage anhaltende Temperatur von ca. 35° mitgeteilt wird. Wenn man 3—5 Pfund Nissel mit dem $1^1/_2$fachen Gewicht Wasser übergiefst und für geeignete Durchlüftung sorgt, findet man am nächsten Tage im Innern eine Temperatur von 67° C. Erst nach Ablauf von 6 Tagen ist dieselbe allmählich wieder auf die Lufttemperatur gesunken. Entsprechend dem dabei stattfindenden obligaten hohen Sauerstoffverbrauch ist auch die Kohlensäureabgabe sehr beträchtlich.

Werden bei keimender Gerste ebenso starke Temperatursteigerungen beobachtet, so sind gleichfalls Spaltpilze im Spiel, oder es findet sich der in Vogellungen Krankheiten erzeugende Aspergillus fumigatus vor. Ähnliche Wärmeerhöhung findet sich endlich auch beim Fermentieren des Tabaks und minder intensiv bei der Oxydation des Alkohols zu Essigsäure durch Mycoderma aceti, ebenso bei der Entstehung von Sumpfgas aus Cellulose.

Die im Nissel wachsenden, im Boden, der Luft und dem Wasser weit verbreiteten Bakterien vermögen eine Temperatur von 70° C. zu ertragen, ohne dafs sie dadurch getötet würden. Wir kennen auch eine Hefe, welche ziemlich hohe Temperaturen, nämlich 44° C. nötig hat, wenn sie lebhaft wachsen und gären soll. Es ist dies die Spalthefe des afrikanischen Negerbieres Pombe.

Die Fähigkeit des lebenden Protoplasmas, so hohe Temperaturgrade zu ertragen, ohne dafs Gerinnung des Eiweifses eintritt, scheint darauf hinzudeuten, dafs der Plasmaleib mit Salzen durchtränkt ist.

Dialysiert man nämlich Hühnereiweifs durch einen Pergamentschlauch, so kann man leicht beobachten, dafs dieses von alkalischen Salzen befreite Eiweifs bei einer um 2—3° niedrigeren Temperatur gerinnt als solches, welchem man Soda zugefügt hat.

Die wiederholt bekannt gewordenen Fälle von Selbstentzündung grofser Schiffsladungen von Baumwolle, Kaffeesäcken, von Heuhaufen, Kleie u. dgl. verdanken ihre Entzündungstemperatur nicht lediglich der Thätigkeit von Mikroorganismen. Es ist wahrscheinlich, dafs sekundäre Oxydationsprozesse von Öl und Fett dabei eine Rolle spielen.

Hierher gehört auch eine an Hefe beobachtete Erscheinung. Wird Prefshefe dicht verpackt versandt und am Bestimmungsort zerbröckelt und wieder zusammengehäuft, so tritt in etwa einer Stunde eine solche Erwärmung ein, dafs man sich die Hand verbrennen würde, wenn man sie in die Prefshefe hineinsteckte.

Während des Transportes waren die in der Mitte des Packetes befindlichen Zellen von der Sauerstoffzufuhr abgeschnitten. Nach dem Zerbröckeln trat dann heftige Sauerstoffabsorption ein, sei es durch Kapillarkräfte oder die Wirkung von Oxydasen; vermutlich handelt es sich um dasselbe Phänomen wie bei der Verdichtung und Erwärmung des Wasserstoffes durch Platinmohr. Atmung ist jedenfalls wenig dabei, weil der Wassergehalt der Prefshefen zu gering ist Das Verfärben der Schnittfläche von Kartoffeln und giftigen Pilzen ist jedenfalls auch der Wirkung von Oxydasen zuzuschreiben. Ob und wieviel Wärme dabei auftritt, ist unbekannt.

Gehen wir von den Spaltpilzen zur Besprechung der Sprofspilze über, so begegnen wir auch hier starker Wärmeentwickelung, und zwar durch Gärung.

Wird dafür gesorgt, dafs die Wärmeabgabe nach aufsen möglichst gering ist, so kann durch Hefegärung in Weinmost, besonders dem der südlicher Länder, oder in etwa 18 prozentiger Zuckerlösung im günstigsten Falle ein Wärmeüberschufs von 15° erzielt werden.

Dabei ist aber zu beachten, dafs ein Teil der Wärme (und zwar $1/4$) von der Lösung des durch die Vergärung des Zuckers herrührenden Alkohols im Wasser stammt. Da Wasser und Alkohol sich unter beträchtlicher Kontraktion mischen (53,9 Vol. Alkohol + 49,8 Vol. Wasser = 100 Vol. Mischung), wird wegen dieser Zusammenziehung Wärme frei. Erzieht man Hefen ohne Gärung, z. B. in Milchzucker, so beträgt der Wärmeüberschufs nur + 0,2°.

Bekanntlich ist es in neuester Zeit gelungen, das gärende

Ferment, Cymase genannt, zu isolieren und dadurch Gärung ohne Mithilfe des lebenden Protoplasmas zu erzielen.

Es scheint aber in der Litteratur bisher noch keine Arbeit vorzuliegen, welche sich mit der Feststellung und dem Messen der bei dieser rein cymatischen Wirkung auftretenden Wärmetönung beschäftigt.

Den Gärungserscheinungen nahe steht die bei Sauerstoffentzug zu beobachtende intramolekulare Atmung, weil auch bei dieser Alkohol und Kohlensäure selbst bei höheren Pflanzen, wie Birnen oder Erbsen, erzeugt wird.

Es ist nun sehr bemerkenswert, dafs bei dieser intramolekularen Atmung die Wärmeentwickelung so gering ist, dafs erst durch sorgfältige Untersuchungen das geringe Plus von Wärmeentwickelung festgestellt werden konnte.

So betrug bei zusammengehäuften Keimlingen, Blüten oder Früchten der durch intramolekulare Atmung bedingte Wärmeüberschufs nur 0,1—0,3° C., während die Temperatur beim Zuführen von Luft um 4—5° C. stieg.

Zum Schlufs endlich soll eine Erscheinung im Pflanzenreich nicht unerwähnt bleiben, welche mit dem Fieberzustand beim Menschen zu vergleichen ist.

Wenn nämlich eine Pflanze durch einen krankheiterregenden Pilz, z. B. eine Kartoffelpflanze durch Peronospora befallen wird, reagiert die Pflanze durch Wärmesteigerung.

Dasselbe tritt ein bei mechanischen Verletzungen durch Schnitte, und zwar meist 24 Stunden nach stattgehabter Verwundung, um dann allmählich wieder zu sinken; Kartoffeln, Kohlrabi, Zwiebeln, Gurken, Radieschen und Mohrrüben bildeten bei diesen Experimenten die Versuchsobjekte. Auch durch diese Verletzungen gerät die Pflanze in einen Fieberzustand. Allerdings ist die Wärmesteigerung nur gering und mufs durch thermoelektrische Elemente festgestellt werden.

Im vorstehenden ist eine möglicht vollständige Übersicht über die das Kapitel der Wärmebildung im Pflanzenkörper betreffenden hauptsächlichen Fragen zu geben versucht worden.

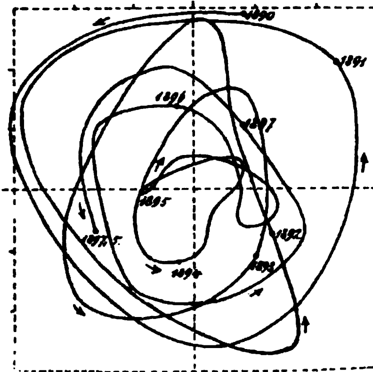




Stand der Beobachtungen der Polschwankungen.

Im VIII. Jahrg. S. 297 unserer Zeitschrift haben wir die Darstellung einer merkwürdigen Entdeckung gegeben, welche sich in neuerer Zeit aus den Beobachtungen der geographischen Breiten verschiedener Orte herausgestellt hat. Es ergab sich, dafs die geographischen Breiten gewissen regelmäfsig verlaufenden, kleinen Verschiebungen unterliegen, und dafs als Ursache derselben nur eine periodische Schwankung des Poles der Erde angenommen werden kann. Auch wurde hervorgehoben, dafs die periodische Bewegung des Erdpoles wahrscheinlich eine komplizierte sein werde, deren Aufhellung nur allmählich gelingen dürfte, und dafs hierzu die Beschaffung eines möglichst reichhaltigen und verläfslichen Beobachtungsmaterials über Breitenbestimmungen von vornhinein unerläfsliche Bedingung sei. Obwohl damals erst mehrjährige Beobachtungen an einigen wenigen Sternwarten wie Prag, Berlin, Potsdam, Pulkowa, Strafsburg und Honolulu vorlagen, so konnte doch eine merkwürdige Schwingung des Poles konstatiert werden, die sich in einer Abnahme der Amplitude, d. h. in einer allmählichen Annäherung des schwingenden Poles an den mittleren, kund gegeben hat und in unserem Artikel durch eine Zeichnung zur Anschauung gebracht ist. Seither ist zwar mit der Herstellung eines Netzes besonders ausgewählter Beobachtungsstationen an verschiedenen Punkten der Erde zum Zwecke der Lösung der Frage durch ein systematisches Zusammenwirken dieser Stationen noch nicht begonnen worden, aber die Reihe der mitwirkenden Sternwarten hat sich sehr vervollständigt, und eine grofse Zahl vorzüglicher Beobachtungen ist gewonnen, welche die weitere Polbewegung über 1891 hinaus klar übersehen lassen und zugleich, was nicht zu unterschätzen ist, wichtige Erfahrungen bringen, die bei der Auswahl des internationalen Netzes der Beobachtungsstationen ihre Verwertung finden werden. Zunächst sind den Arbeiten beigetreten

und haben mit gröfseren Beobachtungsreihen ihre Mitwirkung begonnen die Sternwarten Kasan, Warschau, Neapel, Lyon, Wien (milit.-geogr. Institut), Karlsruhe, New-York, Philadelphia, South-Bethlehem (Pa.), Rockville, Washington, San Francisco, Kapstadt und Tokio. An dem gröfsten Teile dieser Observatorien beobachtet man bereits mit dem für die Beobachtung der Polhöhen eigens konstruierten Zenithteleskope, an einigen an sehr stabilen Meridianinstrumenten, in Berlin am Universaltransitinstrumente, überall nach einem sorgfältig aufgestellten Programm; in Neapel und New-York können, da diese



beiden Orte nahe unter derselben Breite liegen, auch dieselben Sterne bei der Beobachtung benutzt werden. Neuerdings hat nun Prof. Albrecht vom geodätischen Institute in Potsdam die von den nach einheitlichem Programm arbeitenden Sternwarten seit 1890 bis etwa zum Herbst 1897 gelieferten Beobachtungen zusammengezogen und genau untersucht. Die Resultate, die also ein Bild von den Polschwankungen bis nahe zum Ende des abgelaufenen Jahres 1897 geben, sind hauptsächlich folgende: Für mindestens 5 Jahre, von 1890—95, sind die Ergebnisse aus den Beobachtungen als definitive anzusehen, da die Reduktion der letzteren vollständig ausgeführt ist; aber auch bis Mitte 1897 kann die sich ergebende Kurve der Polschwankungen wahrscheinlich als sehr nahe richtig betrachtet werden, obwohl der mittlere Fehler, der einem Kurvenpunkte noch anhaftet, aus der Behandlung der Beobachtungen sich zu ± 0,04 Bogensekunden herausgestellt hat. Den Gang der Polschwankungen macht unsere obenstehende Zeichnung ersichtlich. Da die Teilung des Mafsstabes der letzteren von Zehntel- zu Zehntelsekunde geht, so übersieht man sofort, dafs die Bewegungen der Koordinaten des Momentanpoles gegen den mittleren sich bis zu nahe 3 Zehntel im Plus und Minus ausge-

dehnt, in den Extremen also zwischen 5 bis 6 Zehntel der Bogensekunde erreicht haben. Der Gang der Kurve lehrt, dafs die Schwingungsweite des Poles (Amplitude) sich seit 1890 immer mehr verringert hat. Kurz vor 1892 bemerken wir das (auch schon im früheren Aufsatze hervorgehobene) jähe Umbiegen der Kurve nach innen zu, dann folgt die fortwährende Verengung der Schwingung, bis mit Anfang 1895 eine Umkehr der Bewegung und eine Vergröfserung der Amplitude eintritt, die offenbar gegenwärtig, 1898, noch andauert. Sehr bemerkenswert ist, dafs, obwohl die Amplitude sich wieder vergröfsert, doch die Kurve 1897, d. h. sieben Jahre nach 1890, nicht in sich selbst zurückkehrt. Die Lage des Momentanpoles nämlich ist 1897, wie die Figur zeigt, nahe um eine Zehntelsekunde näher dem mittleren Pole, als es um 1890 der Fall war. Man hat versucht, die faktischen Polschwankungen als aus zwei Perioden, einer 12-monatlichen und einer von 14 Monaten, rechnerisch darzuthun, jedoch dürfte es hiernach nicht gut möglich sein, die Annahme dieser Doppelperiode aufrecht zu halten. Von nicht geringer Wichtigkeit für die fernere Verfolgung der Frage erweist sich nach Prof. Albrecht die Auswahl und Beschaffenheit der Beobachtungsstationen. Es ist schon früher von mehreren Seiten darauf hingewiesen worden, ob nicht bei den ungemein subtilen Messungen der Breiten etwaige ungleiche Refraktionswirkungen, die mit der Lage der Station oder den Verhältnissen der Beobachtungen zusammenhängen, mit ins Spiel kommen können und einzelne Reihen von Messungen durch einen systematischen Fehler zu entstellen vermögen. Aus der Albrechtschen Untersuchung geht in der That — wenigstens für die Potsdamer Messungen — ein solcher Einflufs unzweifelhaft hervor. Der Unterschied in den Polhöhendifferenzen, je nachdem sie während des Winters oder Sommers gemessen sind, steigt nämlich zwischen November-April und Mai-Oktober bis auf 0,03 Sekunden und hat seinen Grund in einer Verlagerung der Luftschichten, die während der kalten Jahreszeit eine andere sein mufs als während der warmen. Das Potsdamer Observatorium liegt am Nordende eines sehr ausgedehnten Waldreviers. Im Norden von ihm breitet sich 50 m tiefer ein weites, seenreiches, wenig bewaldetes Gebiet um die Stadt Potsdam aus, und diese Gegensätze in der Situation des Observatoriums schon scheinen die Ungleichheit der Refraktion bewirken zu können. Da wohl bei vielen der anderen Sternwarten noch bedeutend krassere Gegensätze in der Situation vorhanden sind, so ist damit die Notwendigkeit einer möglichst sorgfältigen Auswahl der künftigen

Stationen des internationalen Beobachtungsnetzes dargethan. Man wird ferner die Beobachtungen in Räumen anstellen müssen, welche der Luft gehörigen Zutritt zum Ausgleich gewähren und hauptsächlich so gelegen sind, dafs bei ihnen eine Gleichheit der Refraktion nach Norden und Süden innerhalb einer Beobachtungsnacht, sowie auch während eines Jahres die symmetrische Gestaltung dieser Refraktionen vorausgesetzt werden kann. Die entgültige Erledigung der Polschwankungsfrage stützt sich offenbar nicht wenig auf die Möglichkeit, bei den Beobachtungen alle jene Störungsursachen ferne halten oder in Rechnung bringen zu können, welche irgendwie einen systematischen Einflufs auf die Resultate auszuüben im stande sind.



Neues vom Aale und einem biologischen Grundgesetze.[1]

Seit der Zeit des Aristoteles ist die Fortpflanzung des Aales ein Geheimnis gewesen, und wenn auch Radi (nach Brehms Tierleben) bereits um 1667 nachwies, dafs junge Aale in grofser Zahl aus dem Meere in dem Arno aufsteigen, so bleibt doch der gröfste Teil der Lebensgeschichte des Aales in Dunkel gehüllt.

Während der Aal seine Nahrung in Flüssen sucht, geht er — wie man schon seit Jahren wufste — im Herbst oder Frühwinter in die See herab, doch laicht er weder noch wird er geschlechtsreif im fliefsenden Wasser. Niemals kehren Aale, die in die See herabschwimmen, zurück, aber im Frühling steigen die Jungen — nach Davy manchmal zu Millionen — von der See in die Flüsse. Man hat die Jungaale als zusammenhängendes Band oder „Aalseil" an einem Flufsufer entlang ziehen sehen, welches 14 Tage hintereinander aufwärts glitt. Natürlich schlofs man daraus, dafs das Laichen und die erste Entwickelung in dem Zeitraum zwischen der Herbst- und der Frühjahrswanderung im Meere stattfinde, aber erst seit dem vorigen Jahre hat man Gewifsheit darüber. Die jetzt erlangten Ergebnisse fordern, für sich betrachtet, schon ein weitgehendes Interesse heraus und stehen mit einer allgemeinen biologischen Hypothese im Zusammenhang, zu deren Bestätigung sie im höchsten Grade willkommen sind.

Im allgemeinen verfahren die Wanderfische — wie der Lachs,

[1]) Prof. L. C. Miall im Eröffnungsvortrage der zoologischen Sektion der britischen Naturforscher-Versammlung in Toronto. August 1897.

der Stör und die Lamprete — gerade umgekehrt wie der Aal: sie leben im Meere und steigen zum Laichen in die Flüsse. Dies läfst sich auch höchst einfach erklären, wenn man annimmt, dafs es zum gröfseren Schutze der Brut geschieht, da die Flüsse jedenfalls viel weniger bevölkert sind als die Flachseen. In ihrer Isoliertheit gegen andere Stromgebiete und Gewässer sind die Flüsse überhaupt nur verhältnismäfsig wenigen im Wettbewerbe mit einander stehenden Arten zugänglich, und daher ist der Kampf ums Dasein hier zum mindesten leichter als in Flachseen auszufechten.

„So ist der Flufs gewissen Wanderfischen dasselbe, was Sibiriens Tundren gewissen Zugvögeln sind, ein Ort, der an gefährlichen Feinden vergleichsweise leer und deshalb als Wiege hilfloser Jungen besonders geeignet ist." Der Aal dagegen scheint durch sein ganzes Verhalten dieser sonst unzweifelhaft richtigen Hypothese ins Gesicht zu schlagen; er allein nährt sich und wächst in Flüssen und geht in die See, um zu laichen. Dafs aber diese Ausnahme nur die Regel bestätigt, vermochte Grassi 1896 nachzuweisen, indem er den Teil der Lebensgeschichte des Aales beschrieb, der sich im Meere abspielt. Dafs diese Untersuchung ungemein schwierig sein mufste, geht schon aus dem Umstande hervor, dafs Klarheit über das Meeresleben des Aales zu schaffen, bisher mifslungen war.

Jedenfalls ist der Aufenthalt der Aale ein so versteckter, dafs die Erforschung der flachen Meeresküsten bis zur Hundertfadenlinie (der Tiefe von 183 m) bisher ergebnislos verlaufen war. Die systematischen Untersuchungen der gröfseren Meerestiefen mit dem Schleppnetze, wie z. B. bei der Challenger-Expedition, hatten nur als Resultat zu Tage gefördert, dafs in jenen Tiefen das Leben vorzugsweise arm an Formen und Individuen ist. Die Entdeckung der Schlupfwinkel des Meeresaales aber gelang erst Grassi.

In der That sucht der Aal nach Verlassen der Flüsse sehr grofse Meerestiefen auf und verändert sich dort in eigentümlicher Weise. Seine Augen werden gröfser und kreisrund, die Brustflossen und der Rand des Kiemendeckels färben sich schwarz, und die vorher nur mikroskopisch nachzuweisenden Geschlechtswerkzeuge werden gröfser. Die so in Bau und Gestalt abgeänderten Aale legen ihre Eier in nicht weniger als 250 Faden (460 m) Tiefe.

Also ist die Grenze des Laichgebietes fast dreimal soweit von der Küste entfernt als die Hundertfadenlinie, von der ab man gewöhnlich die Tiefsee rechnet. Hiernach kommen z. B. die deutschen Meere (Nord- und Ostsee) als Laichgebiete nicht in Betracht, wohl

aber die beiden Becken des mittelländischen Meeres mit 700 Faden Durchschnittstiefe. Die für Fischlaich ziemlich grofsen Eier (mit 2,7 mm Durchmesser) schweben im Wasser, erheben sich aber nicht, und die aus ihnen herauskommenden Jungen sind unseren Flufsaalen durchaus unähnlich. Sie sind bandartig, durchscheinend, farblos, des roten Blutes ermangelnd und mit besonderen Zähnen bewaffnet. So unähnlich sehen sie den Alten, dafs man sie zuerst als verschiedene Arten einer besonderen Gattung Leptocephalus auffafste, bis Günther die Vermutung aussprach, dafs es abnorme, einer ferneren Entwickelung unfähige Larven seien. Den strengen Beweis, dafs einer dieser Leptocephalen einfach ein larvenähnlicher Aal sei, andere dem Meeraale und verschiedenen Muränen als Larven angehören, hat erst Grassi erbracht. Mit unendlicher Mühe gelang es ihm, eine Anzahl von ihnen zu vergleichen, ihre Entwickelungsstufen zu ordnen und einige besonders wichtige durch direkte Beobachtung lebender Exemplare festzustellen. Dafs Grassi auszuführen vermochte, was der Gewandtheit anderer Forscher so lange mifslungen war, lag an seiner geschickten Benutzung der starken Ströme, welche hin und wieder in der Messina-Enge das Wasser durchwirbeln und hierdurch Eier, Larven sowie eine Menge anderer Naturkörper, die gewöhnlich ungestört in ruhigen Tiefen schlummern, an die Oberfläche bringen. Seine Resultate wurden bestätigt durch das Schleppnetz, sowie durch Sezieren eines Mondfisches, den man zu gewissen Jahreszeiten an der Meeresoberfläche findet, und der immer eine Anzahl von Aallarven im Magen hat.

Wenn die Larve ihr erstes Stadium der Entwickelung hinter sich hat, hört sie zu fressen auf, nimmt an Gröfse ab und entwickelt Farbkörper auf ihrer Leibesoberfläche. Zugleich wirft der Fisch die Zähne ab, doch bald beginnt er wieder zu fressen, kommt an die Oberfläche, geht in eine Flufsmündung und wird beim Fang leicht als Jungaal erkannt. Er ist dann ein Jahr alt und etwa 5 cm lang.

Hier ist nun von vornherein klar, dafs das biologische Gesetz vom Aale nur scheinbar durchbrochen wird. Denn jene Gründe der Tiefsee sind nicht das Feld eines harten Daseinskampfes. Die fast oder durchaus vollendete Dunkelheit schliefst daselbst alles aufser der blofsen Möglichkeit des Pflanzenwuchses aus. Für eine kärgliche Ernährung von Tieren sorgen nur die langsamer Zersetzung unterliegenden Reste der organischen Körper der Meeresoberfläche. Hier und da hat das bis in diese Tiefen versenkte Schleppnetz wohl einen besonderen und eigenartig abgeänderten Bewohner des stillen dunklen Abgrundes zu

Tage gefördert, aber der Wettbewerb kann dort nur der schwächste sein, wo es so wenige lebende Körper giebt, und die Lebenshaltung so dürftig ist.

Es läfst sich ferner erwarten, dafs dort, wo der Kampf ums Dasein ein harter ist, der Ausfall, den die Brut im Kampfe erleidet, durch die Zahl der Keime gedeckt werden mufs. Wo der Kampf leichter ist, da wird die Natur auch mit einer geringeren Anzahl von Eiern auskommen können. Darum werden Tiefseetiere weniger Eier auf einmal legen, und diese werden sich direkt ohne Verwandlung entwickeln. Auch das bestätigten die Resultate der Challenger-Expedition; Dr. John Murray lieferte den Nachweis, dafs die Zahl der Arten, wie die der Individuen, mit der Tiefe abnimmt, und in 500 m Tiefe die Zahl der Lebewesen gering ist. Auch die Gröfse der Aaleier bestätigt dieses Gesetz.

Wiewohl man also annehmen mufs, dafs auch andere Umstände als die Gefahr vor lebendigen Feinden die tierischen Interessen beeinflussen und indirekt ihren Bau bestimmen, so ist doch jedenfalls ausgemacht, dafs der Aal in den Tiefen des Meeres eine ebenso sichere Wiege findet wie andere Tiere in den fliefsenden Gewässern, die auch vergleichsweise frei von den Larven gefährlichen Feinden sind. Der Grund, warum er die Meerestiefe erstrebt, ist also genau derselbe, aus dem andere Fische in die Flüsse hinaufsteigen. Die Tiefen des Meeres können sicherer als die Flüsse sein und umgekehrt. Aber auch tiefere Schlupfwinkel in der Flachsee — etwa Höhlen von begrenzter Ausdehnung im Seegrunde — können sich vielleicht einer Reinheit von gefährlichen Feinden erfreuen, die nicht einmal der grofse und überall hin gleichmäfsig ausgedehnte Meeresgrund teilt.

Die Eigenschaft, eine Verwandlung zu erfahren, teilt der Aal mit einer grofsen Anzahl von Seetieren, deren Land- und Flufswasser-Verwandten dieselbe mangelt. So erleidet wohl der Taschenkrebs eine Umwandlung, der Flufskrebs nicht, wohl der Polygordier,[2]) der Verwandte unseres unwandelbaren Regenwurms, ferner von Schaltieren die Stern- und die Fadenschnecke, wie die Auster, nicht aber die Weinbergsschnecke und die sehr verbreiteten Cyclasmuscheln der süfsen Gewässer. Im allgemeinen herrscht hier freilich das Gesetz, dafs die Gröfse der Eier die Wandelbarkeit eines Tieres bestimmt, indem die kleinen Eiern entspriefsenden Tierformen in ihrer Embryonalzeit nicht die Entwicklung durchmachen konnten, für die ein gröfseres

[2]) Taschenberg, Verwandlungen. Leipzig 1882. Seite 131.

Ei Raum bot, und daher auf eine spätere Umwandlung angewiesen sind. Die Zahl und damit die Gröfse der Eier aber wird bestimmt durch die Gröfse der von aufsen drohenden Gefahren, wobei freilich nicht übersehen werden darf, dafs parasitische Tiere oder solche, die ihre Brut bewachen oder eine besondere Kunst beim Eierlegen entwickeln, diese Regeln durchbrechen können. Die direkte Wirkung des Mittels bei der Formung der Arten ist sicher sehr gering. So ist zwar der Unterschied von Salz- und Süfswasser besonders deshalb von Belang, weil er die meisten Arten an einem plötzlichen Übergange in einander hindert, und doch hat die Fauna der Tiefmeere manche Ähnlichkeit mit der der Flüsse, wie auch die der Küsten und die der Hochsee sie miteinander haben. Dagegen sind es hauptsächlich die relative Dichtigkeit und der Zusammenhang der tierischen Bevölkerung, die auf die Lebensgeschichte der Tiere vom „vitalsten" Einflusse sind. Sm.



Zehnders kosmogonische Hypothesen.

In seinem Buche „Die Mechanik des Weltalls", über das wir an einer anderen Stelle dieser Zeitschrift (S. 334) referiert haben, hat Prof. Zehnder im Anschlufs an seine mechanische Theorie der Naturkräfte verschiedene Ansichten über die Bildungsweise der Sternenwelt und des Sonnensystems, sowie der einzelnen Körper des letzteren aufgestellt, von denen wir das Bemerkenswerteste hier mitteilen wollen.

Was zuerst die Entstehung des Mondes anlangt, so macht Zehnder darauf aufmerksam, dafs wegen der verschiedenen Dichten und Massen die weltbildenden Kräfte beim Monde ein wesentlich anderes Resultat erzeugt haben müssen als bei der Erde. Für die erstarrende Rinde der Erde berechnet Zehnder einen aufserordentlich grofsen Druck derselben auf das flüssige Innere, während in letzterem der Druck nur den hydrostatischen Gesetzen gemäfs erfolgt. Beim Monde ist der Druck der erstarrenden Rinde 36 mal kleiner als bei der Erde gewesen. Während daher bei der Erde ein vielfach sich wiederholendes Erstarren und Aufbrechen der Oberflächenkruste und eine grofse Periode für das Zustandekommen einer festen Rinde anzunehmen ist, wird auf dem Monde infolge der viel geringeren Druckverhältnisse schon vergleichsweise früh eine Ausgleichung des hydrostatischen und des Tangentialdruckes haben eintreten können. Die Mondrinde hatte Zeit, in sich selbst stabil zu werden, und übte auf

den flüssigen Kern zuletzt keinen Druck mehr aus. Das Mondinnere füllte zwar anfänglich noch den ganzen von der Rinde eingeschlossenen Körper aus, je mehr sich aber der Mond abkühlte und das Volumen sich zusammenzog, desto unabhängiger wurde das Innere, so dafs es allmählich nicht mehr den Kern ganz ausfüllte, sondern schliefslich nur an verschiedenen Stellen mit der Rinde zusammenhing. Auf diesen, den äufseren Anziehungen noch leicht folgenden Kern wirkte die Erde mit ihrer 80 mal gröfseren Masse. Vermöge der starken Anziehungskraft der Erde, die zu einseitiger Anhäufung des Mondinneren an einzelnen Stellen und zur Entstehung von grofsen Hohlräumen führte, veränderte der Mondkern seine kugelförmige Gestalt. Durch die aufserordentlich heftigen Flutbewegungen, welche die Erde in dem Mondinnern hervorrief, wurde eine regelmäfsige Bildung des Kernes verhindert; vielmehr bewirkten die Flutungen, dafs durch die vielen Spalten, welche sich während des Bildungsprozesses noch in der festen Rinde vorfanden, viel vom flüssigen Innern auf die Oberfläche hinausgeprefst wurde, und zwar in regelmäfsigen, von dem Umschwunge des Mondes um die Erde abhängenden Zwischenzeiten. Rund um die Spaltöffnung erstarrte das flüssige Magma, und nach jeder Vierteldrehung des Mondes flofs die allenfalls noch nicht zur Erstarrung gelangte Masse durch den Spalt ins Innere zurück oder breitete sich, den Spalt verstopfend, auf der Oberfläche aus; es bildeten sich Ringwälle mit zentralen Pics. Die unaufhörliche Wiederholung der Flutbewegung veranlafste so ein radiales Hin- und Herfliefsen der flüssigen Masse; es trat beim Vorhandensein vielfacher Schlote der Rinde ein ganz regelmäfsiger Vorgang in der Erzeugung von Ringgebirgen und Kratern von den verschiedensten Dimensionen zu Tage, welcher erst ein Ende nahm, als das Flüssige an Volumen sehr bedeutend abgenommen hatte. Die ungeheuren Flutwirkungen waren es auch, welche den Widerstand gegen die Rotation des Mondes erzeugten, allmähliche Verlangsamung der Rotation herbeiführten. Das Vorhandensein einer dünnen Atmosphäre mit Wasserdampf auf der gegenwärtigen, den Endzustand der Entwickelung repräsentierenden Mondoberfläche ist nicht ausgeschlossen. Nach Zehnder unterliegt diese Atmosphäre einem alternierenden Vorgange durch Festwerden und Verdampfen. Die Mondseite, welche der Sonne abgewendet ist, erfährt durch 14 Tage die Einwirkung von Kältegraden, die sehr niedrig, vielleicht sogar von der aufserordentlich tiefen Temperatur des Weltraumes (— 273°) nicht viel verschieden sind. Bei dieser Temperatur können sich Gase als solche aber nicht mehr erhalten. Luft und Wasserstoff werden

sich deshalb in fester Form auf dem Teile des Mondes niederschlagen, welcher jener Kälte ausgesetzt ist. Mit der Drehung des Mondes um die Erde erhält jedoch diese Mondseite bald Sonnenbeleuchtung und ist nun 14 Tage hindurch den heifsen Sonnenstrahlen ausgesetzt. Auf den Flächen, die in den Bereich der Sonne gelangen, wird somit die festgewordene Luft sehr schnell verdampfen und wieder gasförmig werden, worauf sich nach abermals 14 Tagen die Niederschlagung wiederholt u. s. f. Dieser abwechselnde Vorgang führt zu einer weiteren Ausbreitung von Dämpfen in der dünnen Mondatmosphäre, in welcher nach Zehnders Meinung durch das Eintreten unvermeidlicher elektrischer Spannungen möglicherweise sogar schwache Entladungen vorkommen können.

Den Ursprung der Kometen leitet Zehnder aus den Zusammenstöfsen von Meteoritenschwärmen ab. Solche Zusammenstöfse finden im Weltraum sehr zahlreich statt. Im allgemeinen werden dabei die zusammenstofsenden Meteoriten in Rotation versetzt, verlieren die Geschwindigkeit ihrer Bewegung und ballen sich zu einem Schwarm zusammen. Zufällige weitere Zusammenstöfse eines solchen Schwarmes mit Meteoriten vergröfsern die Masse, erzeugen auch Wärme, welche bewirkt, dafs die etwa mitgeführten, unter dem Einflusse der tiefen Temperatur des Weltraumes festgewordenen Gase rasch verdampfen. Noch bei sehr grofser Entfernung von der Sonne kann fester Wasserstoff auf diese Weise schon in Gasform übergehen, und die so entstandene Atmosphäre hüllt, indem sie von den rotierenden Meteoriten mitgerissen wird, den ganzen Schwarm ein. Hören die Zusammenstöfse mit einzelnen Meteoriten und mit Schwärmen auf, so geht zwar die erzeugte Wärme durch Ausstrahlung verloren, die Gase kondensieren sich zum Teil wieder in fester Form, die Rotation aber, die sich um den Schwerpunkt des Schwarmes gebildet hat, bleibt erhalten. Von den Geschwindigkeiten und den Richtungen, welche die zusammenstofsenden Schwärme haben, hängt die weitere Entwickelung ab. Meist werden solche Schwärme zuerst um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt unter sich, in verschiedenen Rotationsebenen, kreisen. Man kann annehmen, dafs sie rotierende Ringe von verschiedenen Durchmessern bilden, die sich gegenseitig durchkreuzen und einen gröfseren Meteorhaufen als Zentrum haben. Die Gravitationswirkung wird im Laufe der Zeiten in einem festen Systeme die Bewegung um eine einzige Ebene herzustellen suchen. Ist nun das Resultat dieser einander sehr komplizierenden Bewegungen ein solches, dafs der Schwarm in der Richtung zur Sonne unseres Sonnensystems

weitergeführt wird, so macht sich alsbald die Anziehungskraft der letzteren geltend, der Schwarm wird auseinandergezogen, je nach der Verteilung der Meteoritenmassen in ihm, gleichzeitig tritt wieder Erwärmung ein, die fest gewesenen Gase verwandeln sich wieder in Atmosphäre. Weiter steigende Erwärmung bewirkt die Umhüllung des ganzen Schwarmes mit den Gasen der Atmosphäre; es entstehen auch Gasringe durch die Rotationen, welche selbständige Bahnen einschlagen können oder den Schwarm nach der Sonne hin begleiten. Je näher der Schwarm zur Sonne gelangt, desto mehr äufsern sich deren Wirkungen: die Bewegung des Stromes nimmt fortwährend zu, die steigende Hitze führt zu chemischen Zersetzungen der Meteoratmosphäre, schliefslich zur Verbrennung von Gasen, zu neuen Verbindungen, wohl auch teilweise zum Erglühen der Meteoriten. Der so entstandene „Komet" leuchtet demnach sowohl durch sein eigenes wie durch das von den Meteoriten reflektierte Licht der Sonne. Bei einer gewissen Dichte der Gasatmosphäre werden die von der Sonne kommenden Strahlen gebrochen und treten aus den Gaskügelchen in konzentrierten Strahlenbündeln nahezu parallel heraus. Der konzentrierte Lichtstrahl geht vom Kometenkopfe in den Raum hinaus, und da das Licht, welches in dem Strahle konzentriert wurde, seiner Umgebung entnommen, nur in andere Richtung abgelenkt ist, erscheint der Lichtstrahl rings umgeben von einer dunklen Hülle. Ähnlich, wie bei einem durch eine feine Öffnung in das dunkle Zimmer dringenden Lichtstrahl zahllose herumfliegende Stäubchen durch Beleuchtung sichtbar werden, wird der „Schweif" des Kometen durch Beleuchtung der zum ganzen Schwarme gehörenden Meteoriten, inmitten einer lichtleeren Hülle, wahrnehmbar. Wenn die fortschreitende Geschwindigkeit des Kometen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes vergleichbarer wird, erhält die konische Form des Schweifes Krümmungen, welche noch dadurch verstärkt werden, dafs die erhitzten Meteoriten ihre eigenen Schweife erhalten, indem durch ihre eigenen Licht emittierenden und brechenden Atmosphären das Sonnenlicht in dem hinter ihnen liegenden Raume konzentriert wird. Je nach dem Verhältnis der Geschwindigkeit der Gasentwickelung zur Fortpflanzung des Lichtes kann die Schweifkrümmung einen beträchtlichen Wert erhalten. Der Schweif ändert seine Form und Ausdehnung fortwährend, weil die Gaskugeln des Kometenkopfes und die Meteoriten des Schwarmes ihre Lage gegeneinander ändern. Auf der der Sonne zunächst liegenden Seite, am Kometenkopfe, geht die heftigste Vergasung und Verdampfung vor sich. Es zeigen sich Ausströ-

mungen, Gasringe, deren Auftreten periodisch wird, wenn die vorwiegend Gase abgebenden Meteoriten durch Rotationsbewegung um das Zentrum bald auf der der Sonne zugewendeten, bald auf der ihr abgewendeten Seite des Schwarmes sich befinden. In entsprechender Nähe der Sonne kann der Schwarm zum gröſseren Teil ganz in Gasform übergehen, so daſs erst nach Passierung der Sonne ein Teil wieder zu Meteoriten kondensiert werden kann, weshalb solche in groſse Sonnennähe geratene Kometen unser Sonnensystem oft mit wesentlich anderem Aussehen und in anderer Zusammensetzung verlassen, als sie vorher besaſsen. Die Zehndersche Hypothese beruht, wie man sieht, in ihrer Basis hauptsächlich auf den Lockyerschen Anschauungen.

Am schwächsten finden wir die Zehndersche Kosmogonie der Sonne. Zehnder berechnet die Temperatur des Sonneninnern auf 217 Millionen Grad. Die Sonne besteht so gut wie ganz aus Gasen, es existiert kein flüssiger Zustand. Die Gasströmungen an der Oberfläche bewirken das gesprenkelte Aussehen der Sonne (Granulation). Durch Meteoriten, welche in der Nähe der Sonne eine ungeheure Geschwindigkeit erlangen und zum Teil in die Sonne stürzen, werden beim Hineinstürzen in die Gase heftige Zurückwerfungen derselben hervorgerufen; die neben die Meteorbahn geworfene Materie dringt in den Weg des Meteoriten ein und schieſst mit enormer Geschwindigkeit über die Sonnenoberfläche empor (Protuberanzen). Die nur tangential in die Sonne einlaufenden Meteoriten werden an der Sonnenoberfläche vergast und breiten sich auf dieser schnell aus. Sinken ihre Dämpfe und Gase in die tieferen Schichten der Sonne ein, so verlieren sie nach und nach alle Geschwindigkeit, erscheinen als Sonnenflecken, werden aber bald auf eine höhere Temperatur gebracht und zersetzt, wobei Gas- und Dampfringe an ihren Rändern sichtbar werden (Penumbra). Die Strömungen in den tiefen Schichten der Sonne selbst geben sich als „Fackeln“ kund. —





J. Hann, Handbuch der Klimatologie. Zweite wesentlich umgearbeitete und vermehrte Auflage. Stuttgart. J. Engelhorn. 1897. 3 Bände (I. X und 404 S. mit 13 Abbildungen. II. VIII und 384 S. mit 5 Abb. III. VIII und 576 S. mit 4 Abb.)

Die unter Ratzels Leitung erscheinende Bibliothek Geographischer Handbücher hat die Gelehrtenwelt mit einer Reihe ausgezeichneter Werke beschenkt, von denen jedes eine Schöpfung originaler Geisteskraft, jedes ein Denkstein für den Stand deutscher Wissenschaft in seinem Wissenszweige ist. Aber nicht jedes dieser Werke ist so zweifellos ein gutes Handbuch wie das Meisterwerk Hanns, dessen neue Bearbeitung wir freudig willkommen heifsen. Das Reich der Lüfte wissenschaftlich zu beherrschen, vermag nur ein bedeutender Geist, der eine unendliche Fülle von Einzelergebnissen geduldiger Beobachtung mit prüfender Kritik vollständig übersieht, aus ihr das Wesentliche und Charakteristische herausfindet und auf Grund gediegenster physikalischer Kenntnis und Urteilskraft den Zusammenhang der Erscheinungen, ihre Bedeutung und Wirkung durchschaut. Mit diesen geistigen Vorzügen mufs sich, soll ein gutes Handbuch entstehen, auch eine Charaktereigentümlichkeit verbinden: objektive Selbstlosigkeit, die — ohne je im Tummeln von Steckenpferden sich zu verlieren — alle Dinge mit gleicher Sorgfalt würdigt, jedem Verdienste gerecht wird und selbst bereit ist, andern einmal die Führung des Wortes abzutreten, wenn sie dazu für einen bestimmten Fall besonders berufen erscheinen. Es würde schwer sein, dieses Ideal eines Darstellers überhaupt auszumalen, wenn es nicht verwirklicht vor uns stände. Was Hanns Handbuch der Klimatologie an Stoffreichtum und Zuverlässigkeit, an beherrschender Höhe der Auffassung von Thatbeständen und Problemen geleistet, wie erfrischend und fesselnd die Einlage sorgsamst ausgewählter Originalberichte ausgezeichneter Beobachter in ursprünglicher Fassung wirkte, das weifs jeder Kenner der ersten Auflage (1883). Auch die Anlage des Werkes, die Sonderung eines allgemeinen Teiles, der die Faktoren des Klimas (Sonnenwirkung, Verteilung von Wasser und Land, Höhenunterschiede) einzeln würdigt und ihr Zusammenwirken erläutert, und eines speziellen, alle Klimagürtel nach einander charakterisierenden Abschnitts hat sich vortrefflich bewährt. Aber die Kenntnis der Erscheinungen hat sich seit 15 Jahren so bedeutend erweitert, die Erforschung ihres Zusammenhanges sich so erfolgreich vertieft, dafs das Bedürfnis einer Verwertung der neueren Errungenschaften für eine Neubearbeitung des Handbuches nicht länger unbefriedigt bleiben konnte. Bei der Vortrefflichkeit des schon ursprünglich geschaffenen Grundstocks handelte es sich im wesentlichen um eine namhafte Erweiterung des Werkes. Es ist von 764 auf 1364 Seiten gewachsen und nun handlich in 3 Bände zerlegt worden.

Der erste, den allgemeinen Teil umfassende Band giebt wichtige Lehren (Licht- und Wärmestrahlung, Luftfeuchtigkeit, Land- und Seeklima, Land- und Seebrise, Einflufs der Schneedecke, der kalten Küstenwasser, der Wälder) in

durchaus neu gestalteter, tiefer eindringender Behandlung. Der Abschnitt über die mittlere Temperaturverteilung nach den Breitenkreisen unter Einwirkung der Verteilung von Wasser und Land (198—218) ist eine wesentliche Bereicherung der Darstellung und zeigt, unter Verwertung der Arbeiten Zenkers, wie allmählich die Brücke zwischen induktiver Forschung und den Ergebnissen deduktiven Denkens auf diesem Gebiet geschlagen wird. Für die Bearbeitung des Höhenklimas boten die Hochgipfelstationen eine völlig neue Grundlage. Die weitaus wertvollste Zuthat aber zum vollen Ausbau dieses Bandes ist das neue Kapitel über Klimaänderungen (362—401) der geologischen Vergangenheit und der historischen Zeit und über die periodischen Klimaschwankungen, denen die Forschung der jüngsten Zeit mit Erfolg sich zugewendet hat. Mit Spannung folgt man namentlich dem sicheren Gedankengange des Urteils über die Versuche, aus den veränderlichen Elementen in Lage und Gestalt der Erdbahn für die Entstehung der Eiszeiten eine Erklärung abzuleiten. Hann steht diesen Versuchen skeptisch gegenüber.

Die spezielle Klimatologie stand vor der Aufgabe, die ungemein reichen und namentlich durch Sorgfalt und einheitlichere Gestaltung der Beobachtungen besonders wertvollen Ergebnisse der letzten Jahrzehnte zu verwerten: die systematische internationale Polarforschung des Jahres 1882/83, die Leistungen der kolonialen Thätigkeit aller Kulturvölker, den Fortschritt der Arbeit ihrer klimatischen Beobachtungsnetze. Der Leser der Meteorologischen Zeitschrift weifs, wie unermüdlich Hann auf der Warte stand, um jede neue Beobachtungsreihe zu verwerten und aus der unheimlich anschwellenden Reiselitteratur den oft mit dem Volumen in umgekehrtem Verhältnis stehenden wissenschaftlichen Ertrag für die Klimatologie abzudestillieren. Viel von dieser referierenden Arbeit Hanns ist in die neue Auflage seines Handbuchs übergegangen, alles Wichtige in die knappen litterarischen Nachweisungen aufgenommen worden, die jedem Lande beigefügt sind und eine vortreffliche Orientierung über das wichtigste Quellenmaterial bieten. In der Darstellung aller Gebiete sind Vervollkommnungen namentlich in zwei Richtungen zu verzeichnen; es ist möglich geworden, allgemeiner die prinzipiell schon in der ersten Auflage angestrebte, aber damals nicht überall erzielbare Begründung der Erscheinungen auf die Luftdruckverteilung und die herrschenden Winde durchzuführen, und ferner sind durchgehend die klimatischen Tabellen revidiert, meist auf Grund neuen Materials verbessert, teilweise ganz neugeschaffen worden. Im übrigen ging das Bestreben dahin, die früher durch den Stand der Kenntnis gegebenen Lücken der Darstellung zeitgemäfs zu füllen. Demgemäfs ist die Behandlung der Tropengebiete, welche den 2. Band einnimmt, auf das $2^1/_2$fache des ursprünglichen Umfangs, das tropische Afrika nahezu auf das 3fache angewachsen. Wenn deutsche Beobachtungsarbeit in diesen Erweiterungen des Wissens besonders hervortritt, so ist dies nicht einer einseitigen Neigung des Verf. zuzuschreiben, sondern nur ein treuer Spiegel der Thatsache, dafs nirgends die wissenschaftliche Arbeit eifriger den Spuren der kolonialen Erwerbungen folgt, als in den deutschen Schutzgebieten. Im letzten Bande ist naturgemäfs das Bild der nördlichen Polarregion viel inhaltreicher geworden, aber auch für die Kulturländer der gemäfsigten Zone ward eine nicht nur dem Umfange, sondern auch der Tiefe nach vollkommenere Behandlung möglich. Am auffallendsten ist der Fortschritt bei Ostasien, Nordamerika und dem Mittelmeergebiet. Hier wurde in die speziellere Darstellung der klimatischen Individualität einzelner Länder eingetreten. Namentlich auf die Atlasländer, die Iberische Halbinsel, Vorderasien sei verwiesen.

Es ist ganz unmöglich, im Rahmen einer kurzen Anzeige dem grofsen

Verdienste gerecht zu werden, das Hann durch die zeitgemäfse Neugestaltung seines Handbuchs sich erworben hat. Es ist nicht nur das beste Gesamtwerk für Klimatologie, das je geschrieben wurde, sondern ein Muster eines Handbuches, wie es kaum für einen andern Zweig der wissenschaftlichen Erdkunde bisher in gleich unbedingter, objektiver Vollkommenheit vorhanden ist.

Breslau. J. Partsch.

Verzeichnis der der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen an den Landesstationen in Bosnien und der Herzegovina im Jahre 1896. Herausgegeben von der Bosnisch-Herzegovinischen Landesregierung. Wien 1897.

Grunmach, L.: Die physikalischen Erscheinungen und Kräfte, ihre Erkenntnis und Verwertung im praktischen Leben. (Sonderabdr. a. d. „Buch der Erfindungen, Gewerbe u. Industrien"). Leipzig, Otto Spamer, 1898.

Handwörterbuch der Astronomie. Herausgegeben von Prof. Dr. W. Valentiner. Mit Abbildungen. Lieferung 1—13. Breslau, Ed. Trewendt, 1897.

Jahrbuch der meteorologischen und erdmagnetischen Beobachtungen. Neue Folge, II. Band, (XXVI. Jahrgang der ganzen Reihe). Beobachtungen des Jahres 1897. Veröffentlichungen des hydrographischen Amtes der Kaiserlichen und Königlichen Kriegs-Marine in Pola.

Meyer's Konversations-Lexikon, V. Auflage, Band 18: Ergänzungen und Register, Leipzig, Bibliographisches Institut, 1898.

Müller, Ad. S. J. Nicolaus Copernicus, der Altmeister der neueren Astronomie. Ein Lebens- und Kulturbild. Freiburg i. Br., Herdersche Verlagshandlung, 1898.

Neuhauss, R.: Die Farbenphotographie nach Lippmann's Verfahren. Neue Untersuchungen und Ergebnisse. Mit 3 Textbildern und einer Tafel in Lichtdruck. Halle a. S. Wilh. Knapp, 1898.

Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften:

No. 12: Allgemeine Naturgeschichte des Himmels oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes, nach Newtonschen Grundsätzen abgehandelt von Immanuel Kant (1755).

No. 96: Sir Isaac Newton's Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichtes (1704), I. Buch. Wilh. Engelmann, Leipzig 1898.

Photographische Bibliothek:

No. 9: H. Schmidt: Das Fernobjektiv im Portrait-, Architektur- und Landschaftsfache. Mit 10 Tafeln und 52 Figuren im Text.

No. 10: Gaedicke, Der Gummidruck (direkter Pigmentdruck). Eine Anleitung für Amateure und Fachphotographen. Mit 2 Figuren im Text und 2 Tafeln. Berlin, Gustav Schmidt, 1898.

Prinz, W.: Photographie des Déformations du soleil couchant.

Thompson, P.: Über sichtbares und unsichtbares Licht. Eine Reihe von Vorlesungen gehalten a. d. Royal Instution v. Grofs-Britannien. Deutsche Ausgabe von Prof. O. Lummer. Mit ca. 150 in den Text gedruckten Abbildungen und 10 Tafeln. Halle a. S. Wilh. Knapp, 1898.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.

X. Jahrg. September 1898. Heft 12.



Preis vierteljährlich 3 Mk. 60 Pf.

Das Inhalts-Verzeichnis befindet sich am Schlufs des Heftes.

Dieser Nummer liegen Prospekte von **Dr. Ad. Hesekiel & Co.** und des **German Pegamoid Syndicate Limited,** Berlin, betr. **Home Décor,** bei.

Inhalts-Verzeichnis.

September 1898.

Redaktionelle Mitteilungen, Austauschexemplare anderer Zeitschriften, sowie Einsendungen der Autoren sind an die Adresse „Himmel und Erde, Berlin W., Taubenstrasse 48/49", zu senden. Bezüglich der Inserate wolle man sich mit der Verlagsbuchhandlung Hermann Paetel, Berlin W., Elssholzstrasse 12, in Verbindung setzen.

„Hera“

Internationale Gesellschaft für Acetylen-Beleuchtung G. m. b. H.

Berlin C., Alexanderstr. 34I

liefert in ihren explosionssicheren automatischen und denkbar einfachsten Apparaten das gereinigte Acetylen-Licht

15 mal heller als Gas

absolut russfreie Brenner bei jedem Druck.
Zeugnise, Atteste aus der ganzen Welt.
Gutachten erster Kapacitäten.
Hunderte von Anlagen im Betriebe.

Hydro-Licht

Ersatz für elektr. Bogenlampen.

Mehr als 50 % Betriebskosten-Ersparnis.

Berliner Hydro-Press-Gas-Gesellschaft m. b. H.

SW., Markgrafenstrasse 82.

Fernsprech-Amt 4, No. 1789.

J. Robert Voss, Mechaniker

BERLIN NO. 18

Specialität: Influenz-Electrisir-Maschinen aller Systeme

(auch die dazu gehörigen Nebenapparate)

und Metall-Spiral-Hygrometer in allen Ausführungen.

Glühlampenfabrik

Gebrüder Pintsch

BERLIN S.O.

Skalitzer Strasse 27.

Gesetzlich-geschützt.

Landkarten,

wie Schul-u. Comptoir-Wandkarten, Special-u. Touristen-Karten, Globen, Atlanten etc. führt als

SPECIALITÄT:

Hermann Peters

BERLIN W., Charlottenstr. 61.

KATALOGE GRATIS U. FRANCO

Ernst Meckel, Mechaniker

BERLIN NO., Kaiserstr. 35

Werkstatt für Projektionsapparate.

Skioptikons, Nebelbilder-Apparate, Kalklichtbrenner

Elektrizitätszähler

System: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Aron.

Patent.

Ampèrestundenzähler für Gleichstrom, Zwei- Drei- und Fünfleiter-System.

Wattstundenzähler

für Gleichstrom, Wechselstrom und **Drehstrom.**

Für jede Leistung von 0 bis zum Maximum gleichmässig messend.

Erster Preis

bei beiden Wettbewerben in Paris 1889 und 1891.

H. Aron,

Berlin W. 35, Lützow-Strasse 6.

Dr. Paul Meyer,

Ingenieur.

Berlin-Rummelsburg.

Elektrische Messinstrumente und Schaltapparate.

Otto Wolff

Berlin SW., Alexandrinenstrasse 14,

Präzisions-Widerstände aus Manganin nach der Methode der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Normal-Widerstände, Rheostaten, Messbrücken, Kompensations-Apparate, Normal-Elemente.

Illustrierte Preisliste.

Direkt vom Fabrikanten
kauft man am vorteilhaftesten!

Die Firma **M. TREMPLER, Berlin O., Alexanderstr. 27a** versendet an Jedermann gegen Nachnahme oder Vorhereinsendung von **20 Mark**, einen

Experimentierkasten.

Schönstes Geschenk für Knaben von 8—16 Jahren,
Mehr als 400 Versuche über Mechanik, Akustik, Wärme, Licht, Magnetismus und Elektrizität lassen sich mit der Kollektion ausführen.

Begr. 1879; vorm G. Dittmar.

Man verlange Prospekte





P. & M. Herre,
Berlin W. 35,
Glühlampenfabrik,
fabrizieren als Spezialität u. A.
Elektrische Glühlämpchen für medizinische u. andere wissenschaftliche Zwecke,
Röntgen-Röhren in tadelloser Qualität u. zu unerreicht billigen Preisen.
Garantie für jedes Stück.
Complette Instrumentarien für Röntgen-Photogr.







Bestes Trocken-Element.

Winterstein & Co.,
Berlin NW.,
Luisenstrasse 22a.

Elektrische Sicherheitslaternen,
Feuerwehrlaternen, D. R. G. M. Grubenlampen, Taschenaccumulatoren.
Paul Sehrndt, Berlin S. 42 Alexandrinenstr. No. 99.
Lager von fertig formierten Platten.

Elektrisch Licht
Böhlendorff & Völkel
ELEKTROTECHNIKER
Berlin S., Ritterstrasse 103.
Elektr. Kraftübertragung.

J. BERLINER.



Richard Kiss
Berlin SW., Königgrätzerstr. 85.
Konstruktion, Anfertigung und Reparatur elektrischer Apparate.

Max Kaehler & Martini
BERLIN W., Wilhelmstrasse 50.
Normal-Thermometer für wissenschaftliche Zwecke;
Vorlesungs-Apparate nach Lübke zur Demonstration der neuen Theorie der Electrolyse.

Dr. Rob. Muencke
Berlin NW., Luisenstrasse 58
Fabrik und Lager chemischer Gerätschaften.
Vollständige Einrichtungen und Ergänzungen chemischer, bacteriologischer Laboratorien etc.
Schnellste und exakteste Ausführung.
Für Interessenten illustrierte Kataloge gratis und franko.

H. Hanfland,
Berlin NO., Frieden Str. 108.
Fabrikant chemischer, bakteriologischer und pharmaceutischer Apparate. Spezialität:
Sterilisier - Apparate
aller Systeme.

E. Mentz vorm. H. Fleischer
Berlin N., Chausseestrasse 2E.
Chemische u. physikalische Waagen u. Gewichte.
Technische Waagen u. Gewichte.
Prämiiert auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung 1896.
— Kataloge kostenfrei. —

Reinhold Burger
BERLIN N., Chausseestr. 2E
Werkstatt für chemische physikalische Glasinstrumente,
Evakuierte doppelwandige Glasgefässe nach Dewar, zu den Versuchen mit flüssiger Luft.
Markonirröhren für Funkentelegraphie.

Polarplanimeter nach Amsler.
Mutterskalen
für Aräometer, Normal-Saccharimeter und Alkoholometer.
L. Blankenburg,
Berlin, Dresdenerstr. 16.

PATENTE
aller Länder besorgt
C. v. OSSOWSKI, Ingenieur
früher wissenschaftlicher Assistent an der technischen Hochschule Berlin.
Berlin, Potsdamerstr. 3.



von Poncet Glashütten-Werke
Berlin SO., Köpenickerstr. 54.
Fabrik chemisch., physikalischer u. a. technischer Glasartikel. — Schriftmalerei.
Einrichtung v. Laboratorien.
Preisverzeichnisse gratis und franko.

Georg Riese
Vertreter der Firma **GREVE & GÜTH, Gütersloh,**
empfiehlt zu allen technischen Zwecken seine
Baumwoll und Leinen
für Beutel-Elemente, Einlagen zu Pneumatiks, Presstuche etc.
Berlin C., An der Spandauer Brücke 7.
Telephon: Amt III, Nr. 8875.

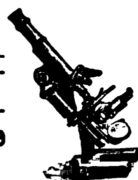
Bernhard Halle, Steglitz b. Berlin.
Spezialität: **Polarisations-Prismen**
sämtlicher Konstruktionen in den von mir eingeführten Formen;
Quarz-Prismen-Keile u. -Linsen; Glas-Prismen u. Planplatten; Krystallschliffe etc. etc.
Preislisten versende kostenfrei.

C. Lüttig,
Berlin C.2, Post-Strasse 10/11.
Sämtliche Instrumente und Apparate für Vermessungen und Forstwesen (auch leihweise).
Kalibermassstäbe bis 0.02 mm Ables., Teilungen jeder Art. — Fernrohre, Krimstecher, Höhenbarometer, Reisszeuge für Architekten und für Schulgebrauch.

Thermometer- und Barometer-Fabrik
Operngläser, Feldstecher
Herm. Schilling (Inh.: S. Peters)
BERLIN S., Ritterstrasse 33.
Illustrierte Preisliste gratis und franko.

Patentanwälte
Dr. L. Sell
(fr. in der Phys. Techn. Reichsanstalt und im Kaiserl. Patentamt),
Fr. Meffert
(fr. im Kaiserl. Patentamt),
NW. 7, Dorotheenstr. 22.

Mikroskope
für bacteriologische als auch Nahrungsmittel-Untersuchungen, zur Fleischschau etc.
Mikrotome, Mikrophotographische Apparate, Mikroskopische Nebenapparate.



Paul Thate,
Optische Werkstatt,
Berlin N.,
Elsasserstrasse 52.
Neueste illustrierte Preisliste gratis und franko.

Gustav Voigt
Mechanische Werkstatt
Berlin SW. 13, Neuenburger Str. 12.
SPEZIALITÄT:
Kinematische Modelle
nach Professor Reuleaux.
Modelle sowie Maschinenmodelle jeder Art von den einfachsten bis zu den feinsten Ausführungen.
Auszeichnung: Staatsmedaille und Ehrendiplom.

Alwin Berger,
Berlin S., Stallschreiber Strasse 18.
Lager von Reisszeugen jeden Genres.
Patent. Kugellagerung.
Mechanische Werkstätten
für allgemeine Mechanik.
Sachgemässe Fabrikation von allen Neuheiten.
Übernahme von Massen-Fabrikation aller Präzisions-Arbeiten etc.



R. Krügelstein
Mechaniker und Optiker.
Mikroskope,
Brillen, Pincenez,
Operngläser,
Thermometer,
Barometer.
Berlin W.,
Leipzigerstr. 135.

E. H. Rost
BERLIN NW. 7,
Dorotheenstr. 22.
Mechanische Werkstatt.
Spezialfabrikation besserer und feinster **Reisszeuge, Zirkel** und **Ziehfedern** jeder Art, sowie Anfertigung sämtlicher **Zeichen-Instrumente** nach besonderen Angaben.
en gros — detail — export.

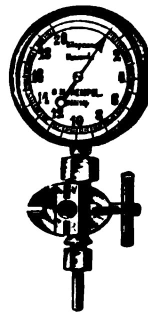
S. ELSTER, Berlin NO.,
Neue Königstr. 67/8.
Gasmesser-Fabrik,
Mechanische Werkstätte.

Experimentier-Apparate für physiologische Zwecke, nasse und trockene **Atemmesser** nach Prof. Dr. Zuntz. **Luftmesser.** **Multiplizierender Druckmesser, Manometer. Regulier-Apparate** für Luft oder Gas. **Thermometer,** amtlich geprüfte.
— **Calorimeter** nach Junkers. —

Otto Bohne
Berlin S., Prinzenstr. 90.
Aneroid-Barometer
für Höhenmessung,
Aneroid-Barographen u. Thermographen.
Electrische Contact-Thermometer.

Sommer & Runge
BERLIN SW., Wilhelmstr. 122
Werkstätte f. Präcisions-Arbeiten. Physikal. Apparate.
Specialität:
Instrumente f. Theilungen (Längentheilmaschinen).
Ausrüstungen für Aichungsämter (Längenmaasse, Flüssigkeitsmaasse, Hohlmaasse etc.)
Getreideprober, Consistenzmesser und dergl.
Petroleumprober, Flammpunktsprüfer, Viskositätsmesser
Interessenten erhalten illustr. Catalog gratis.

R. Stehmann
Gürtlerei und Glasschleiferei
mit Dampfbetrieb.
Berlin S. 59, Dieffenbachstr. 68.
Fernsprechanschluss Amt IV, 9519.
Mora-Rahmen-Fabrik.
Spezialität: **Prinzess-Ständer.**
Alle Sorten von Photographie-Rahmen in Glas, Holz- und Metallrückwände.
Engros. Export.



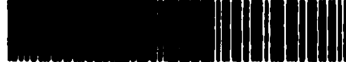
Manometer-Fabrik
Mechanische Werkstatt
Gegründet 1850
von
O. M. Hempel
Berlin SW., Zimmerstr. 99.
Fernsprecher: Amt I, 4729.
Spezialität: **Amtliche Kontroll-Manometer, Platten- und Röhrenfeder-Manometer, Vacuummeter und Hydrometer** für Dampf-, Luft-, Gas- und Waserdruck.
Reparatur-Werkstatt.
Illustrierte Preisliste gratis und franko.

ED. SPRENGER
BERLIN SW., Alte Jacobstr. No. 6.
Spezialität:
Instrumente für höhere und niedere Geodaesie, Topographie, Kartographie und militärische Zwecke.
Feldstecher, Fernrohre, feine Reisszeuge.
Illustrierte Kataloge kostenfrei.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — **Druck:** Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.

Für den Inseratenteil verantwortlich: P. Riedel, Berlin-Schöneberg.


OF MICHIGAN
3 9015 06942 3609



